

Aus der Klinik Orthopädie und Unfallchirurgie  
Klinik der Ludwig-Maximilians-Universität München

vormals

Klinik für Orthopädie, Physikalische Medizin und Rehabilitation

Direktor

Prof. Dr. med. Boris Holzapfel

Prof. Dr. med. Wolfgang Böcker

# Der Einfluss von Ganzkörper-EMS-Training auf die Leistung von Eishockeyspielern verschiedener Leistungsklassen

Dissertation

zum Erwerb des Doktorgrades der Medizin  
an der Medizinischen Fakultät der  
Ludwig-Maximilian-Universität zu München

vorgelegt von  
Elisabeth Schuhbeck

aus  
Traunstein

2021

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät  
der Universität München

Berichterstatter:	PD Dr. med. Bernd Wegener
Mitberichterstatter:	Prof. Dr. med. habil. Klaus A. Milachowski Prof. Dr. med. Patrick Weber
Dekan:	Prof. Dr. med. Thomas Gudermann
Tag der mündlichen Prüfung:	14.10.2021

## Inhalt

1.	Zusammenfassung.....	4
2.	Abstract .....	5
3.	Einleitung.....	6
3.1	Geschichte der Elektrotherapie.....	6
3.2	Übersicht von Frequenzen in der Elektrotherapie .....	8
3.3	Muskelstimulation mit niederfrequentem Reizstrom.....	10
3.4	Anwendungsgebiete von Elektromyostimulation .....	12
3.4.1	Übersicht über Einsatz von EMS in Rehabilitation und Therapie.....	12
3.4.2	Übersicht über Einsatz von EMS in Leistungssport .....	13
3.5	Fragestellung .....	14
4.	Material und Methoden .....	15
4.1	Studiendesign und Vorbereitung .....	15
4.2	Teilnehmer .....	16
4.3	Geräte und Räumlichkeiten.....	17
4.3.1	EMS-Ausstattung .....	17
4.3.2	Radaranlage.....	18
4.3.3	Kraftmessplatte .....	19
4.3.4	Lichtschranke.....	20
4.3.5	IsoMed 2000 .....	20
4.3.6	Formulare und Räume.....	21
4.4	EMS-Training .....	22
4.5	Messung .....	29
4.5.1	Zeitpunkte .....	29
4.5.2	Ablauf .....	30
4.5.3	Aufbau .....	32
4.6	Statistische Methodik.....	33
5.	Ergebnisse .....	34
5.1	Parameterauswertung.....	34
5.1.1	Sprungleistung.....	34
5.1.2	Sprintzeit .....	37
5.1.3	Schussgeschwindigkeit .....	40
5.1.4	Schnellkraft (Maximale Winkelgeschwindigkeit bei 300°/s) .....	42
5.1.5	Sprunghöhe .....	45
5.1.6	Maximalkraft (Maximale Winkelgeschwindigkeit bei 60°/s).....	47
5.1.7	Resümee .....	49

5.2	Auswertung der Nachschaltwerte.....	50
5.2.1	Gruppe A.....	50
5.2.2	Gruppe B.....	50
5.3	Auswertung nach sportlichem Niveau (Ligazugehörigkeit).....	51
5.3.1	Ligabezogene Auswertung in Gruppe A .....	51
5.3.2	Ligabezogene Auswertung in Gruppe B .....	56
5.3.3	Resümee .....	61
5.4	Ergebnisübersicht.....	63
5.5	Auswertung der Fragebögen.....	63
5.5.1	Entwicklung der Körpermaße unter EMS-Einfluss .....	63
5.5.2	Selbsteinschätzung.....	66
5.5.3	Verletzungen .....	69
6.	Diskussion.....	70
6.1	Versuchsmodell.....	70
6.2	Parameterentwicklung, Methodenauswahl und Trainingsmodus.....	71
6.2.1	Sprungleistung und -höhe .....	71
6.2.2	Schussgeschwindigkeit.....	72
6.2.3	Maximale Winkelgeschwindigkeiten bei 300°/s und 60°/s.....	72
6.2.4	Sprint .....	74
6.3	Probanden.....	75
6.3.1	Saisonzeitpunkt .....	75
6.3.2	Unterschied Hobby- zu Bezirksligaspieler .....	75
6.4	Nachschaltwerte.....	77
6.5	Fragebögen.....	77
6.6	EMS als Maßnahme zur Verletzungsprophylaxe.....	78
6.7	Fazit und Empfehlung.....	79
7.	Anhang .....	80
7.1	Abkürzungsverzeichnis.....	80
7.2	Abbildungsverzeichnis.....	80
8.	Publikationsliste .....	83
9.	Danksagungen .....	83
	Literatur.....	84

## 1. Zusammenfassung

Das Ziel dieser Studie war es, die Effekte von GK-EMS-Training auf die sportlichen Fähigkeiten von Eishockeyspielern unterschiedlicher Leistungsklassen zu untersuchen. Zusätzlich sollte ermittelt werden, ob die Verletzungsrate mit GK-EMS möglicherweise verringert werden kann. Des Weiteren sollte eruiert werden, ob in verschiedenen Leistungsklassen Unterschiede in der Effizienz des Trainings bestehen.

30 gesunde Probanden durchliefen im Cross-Over-Design ein jeweils 12-wöchiges Trainingsprogramm mit GK-EMS-Geräten. Eine Trainingseinheit bestand aus einem 20-minütigen Training und beinhaltete jeweils spezifische Übungen für die zu trainierenden Parameter. An acht Messungen wurde der Effekt von GK-EMS auf ausgewählte eishockeyrelevante Sportparameter sowie Unterschiede in der Effizienz in Bezug auf verschiedene Leistungsklassen untersucht. Außerdem wurden in einem Fragebogen Effekte auf subjektive sportbezogene Fähigkeiten abgefragt.

Bis auf die Schussgeschwindigkeit konnten in allen primären Parametern (Sprungleistung, Sprintzeit, Schnellkraft) signifikante Verbesserungen verzeichnet werden. Auch bei den explorativen Parametern Sprunghöhe und Maximalkraft imponierten Steigerungen nach abgeschlossenem EMS-Training. Hobbyligisten erreichten in allen Disziplinen außer der Maximalkraft durchschnittlich höhere Zuwächse als Bezirksligisten. Als Ursachen werden beispielsweise das größere mögliche Verbesserungspotenzial unter Hobbyligisten und eine unterschiedliche Beschwerdetoleranz hinsichtlich der Ligazugehörigkeit diskutiert.

Als Limitierungen der Studie werden unter anderem der hohe zeitliche und administrative Aufwand sowie daraus resultierende Diskrepanzen in Motivation und Erschöpfung erörtert. Des Weiteren können ein saisonzeitpunktangepasstes Parametertraining und eine kabellose EMS-Variante in Erwägung gezogen werden, um eine größtmögliche Effizienz des Trainings zu gewährleisten. Außerdem kann eine alternative Messmethode für insbesondere die Schussgeschwindigkeitsmessung evaluiert werden.

Derzeit sind die Daten zu GK-EMS im Freizeitsport begrenzt. In unserer Studie wurden nach dem GK-EMS-Training signifikante Trainingseffekte festgestellt. In Bezug auf den Einfluss der Ligazugehörigkeit kommen wir zu dem Schluss, dass unter Berücksichtigung der oben genannten Argumente ein noch größeres Verbesserungspotenzial für Hobby-Sportler bestehen könnte. Aufgrund des zudem geringer erwarteten Trainingspotentials von austrainierten Profisportlern in Hochform sollte deren Trainingseffekt im GK-EMS weniger ausgeprägt ausfallen als im Freizeitsportbereich.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass zusätzliches GK-EMS-Training als Ergänzung zum normalen Training für Eishockeysportler der unteren Ligen geeignet ist. Es verbesserte ihre körperliche Leistungsfähigkeit in Bezug auf Kraft- und Geschwindigkeitsparameter. Eine mögliche Verletzungsprophylaxe ist durch den Ausbau der Maximalkraft- und Schnellkraftkapazität, bei bestehendem Zusammenhang zwischen Krafttraining und einer Verringerung der Verletzungsrate, in einer größeren Studienpopulation denkbar.

## 2. Abstract

**Purpose:** The aim of this study was to examine the influence of long-term whole-body electromyostimulation (WB-EMS) training in addition to standard ice hockey training in the following areas: shot speed, counter-movement-jump height and power, 10-meter sprint, isokinetic maximum force at 60°/sec and 300°/sec of the knee extensor muscle and subjective performance evaluation of ice hockey players. The purpose was further to check, whether competitive status influenced the extent of response to WB-EMS and whether WB-EMS would hypothetically be a suitable method to reduce injury rate.

**Methods:** 30 male amateur ice hockey players participated in this study. They were divided into two cross-over groups (Group A and Group B). EMS sessions were carried out once a week for 12 weeks for each group with a subsequent four week EMS pause. The sessions consisted of 20 minutes electromyostimulation with 150 contractions (4 secs duration, 85 Hz). Shot speed of slap shot was measured with Sportradar 1503. Jumping ability was determined during counter-movement-jump (CMJ) with a ground reaction force platform (GRFP) of Leonardo Mechanograph. Sprint time for 10 m skate was scaled using an infrared photo sensor of ALGE Sports Timing RL S1c. Isokinetic force of the knee extensor muscle was detected with Isomed 2000 at two different angular velocities (60°/sec, 300°/sec) and the subjective performance was collected using a questionnaire.

**Results:** After 12 weeks of WB-EMS training jumping power increased significantly for the WB-EMS groups by 5.15%, 10 m skating time decreased significantly by 5%, and maximum isokinetic force at 300°/sec increased significantly by 7% (all  $p < 0.05$ ). In contrast post training shot speed showed no significant change. Isokinetic torque at 60°/s and vertical jump height were collected as secondary variables and showed increases of 5.45% and 15.15%, respectively. After finishing the WB-EMS and continuing the normal training, it was observed that the training effect regressed.

**Conclusion:** This study demonstrated that whole-body EMS training significantly decreased 10 m skating time and increased jumping power and maximum isokinetic force at 300°/sec of ice hockey players of two groups. We conclude that with additional WB-EMS training, an increase in performance might also be achieved for athletes in lower leagues. Due to the higher training potential of leisure athletes, the effect is probably even more pronounced than would be expected for competitive athletes.

### 3. Einleitung

#### 3.1 Geschichte der Elektrotherapie

Im alten Ägypten wurde bereits tausende Jahre v. Chr. von der schmerzhemmenden Wirkung der Schocks von „elektrischen Fischen“ Gebrauch gemacht [1]. Auch in der Antike konnte der griechische Arzt *Galenos aus Pergamon* [2], die anästhetische Wirkung der elektrischen Ströme von Zitterrochen nachweisen, die ebenfalls von *Aristoteles* und *Plato* beschrieben wurden [3]. *Scribonius Largus* (14-54 n. Chr.) behandelte vorangehend im 1. Jahrhundert n. Chr. mit gleichem Therapieansatz Cephalgien und Arthritis.



Abbildung 1 Behandlung mit den Stromimpulsen eines Zitterrochens [4]

Von Menschenhand gebaute Geräte, die elektrische Impulse erzeugen konnten, fanden ab circa 1660 Anwendung, als *Otto von Guericke* eine sogenannte Reibungselektrisiermaschine entwarf. *Dr. Christian Gottlieb Kratzenstein* nutzte erstmals diese Reibungselektrizität als therapeutische Methode zur spontanen Muskelstimulation und Schmerzminderung. Jene Behandlung bediente sich elektrostatischer Ströme durch Reibungsgeneratoren und wurde im 18. Jahrhundert als ‚*Franklinisation*‘ bekannt, benannt nach *Benjamin Franklin*. Im Jahr 1745 stellten *Dekan Kleist* und *Prof. Muschenbroek* unabhängig voneinander die ‚*Leidener Flasche*‘ her, die als Kurzzeitenergiespeicher dieser Reibungselektrizität Muskelkontraktionen auslösen vermochte. Um 1770 beobachtete der italienische Arzt *Luigi Galvani* Zuckungen an toten Froschschenkeln, nachdem sie Stromstößen ausgesetzt waren. Entsprechend dem beobachteten Effekt, wird später Gleichstrom zur Therapie von bestimmten Krankheiten direkt auf die Haut appliziert, ein Prozess, den man seither **Galvanisation** nennt.

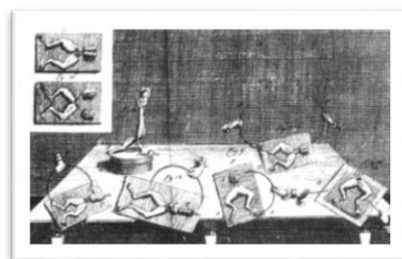


Abbildung 2 Galvanis Froschschenkel-Versuche [4]

Zur etwa selben Zeit erfasste *Schmuck* die Möglichkeit der Herzmuskelerregung durch Elektrostimulation. In der Anwendung von elektrischem Strom zur Schmerztherapie entdeckte *Faraday* im nächsten Schritt die Herstellung von Strom durch magnetische Induktion, den faradischen Wechselstrom. Verwendet wurden intermittierende Impulse mit alternierender Richtung, genannt

**Faradismus.** Dieser niederfrequente Wechselstrom wird zur Muskelreizung angewandt. Dagegen benutzte *d'Arsonval* anschließend kurzandauernde hochfrequente Wechselströme. Im Gegensatz zu niedrigen Frequenzen, verschwinden bei der *Diathermie* sensible und motorische Reizsensationen. Die besagte **Arsonvalisation** bewirkt ausschließlich eine Erwärmung des Körpers und wird als Wärmetherapie zur Durchblutungsförderung, Muskelaktivierung und Analgesie gebraucht.



Abbildung 3 Hochfrequenzbestrahlung mit einer Elektrode [4]

1901 konstruierte der Franzose *Leduc* das erste Stimulationsgerät, womit erfolgreich Paresen und Neuralgien kuriert wurden. Etwa 50 Jahre später, im Jahr 1958, erfolgte die erste Implantation eines Herzschrittmachers. Drei Jahre darauf entstand die funktionelle Elektrostimulation, wodurch zweckgerechte Bewegungen für denervierte Muskeln bei der Fortbewegung geschaffen wurden. Weiter fand *Bergonié* 1910 eine Möglichkeit, bei mehreren Muskelgruppen gleichzeitig Kontraktionen auszulösen.

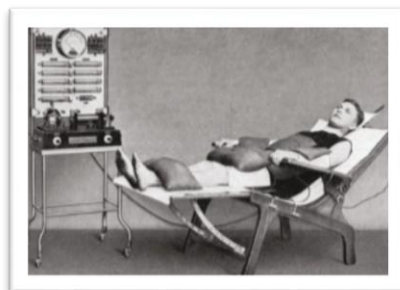


Abbildung 4 Elektrische Muskelgymnastik (Bergonisation): Mit Hilfe faradischen Schwellstroms werden Muskeln oder Muskelgruppen in rhythmische Kontraktionen versetzt. [4]

In den 60er Jahren wird Elektromuskelstimulation in den USA und der UdSSR in den Bereichen Raumfahrt und Militär als Mittel zur Leistungssteigerung und zum Muskelerhalt eingesetzt. *Dr. Yakov Kotz* etwa, nutzte diese Technik, um der Muskelatrophie aufgrund von Bewegungsmangel entgegen zu wirken [5, 6]. 1965 entwarfen *Melzack und Wall* ihre Theorie über die Schmerzlinderung durch Reizung von Mechanorezeptoren. Somit war die Idee zur Entwicklung von TENS-Geräten zur Hirnbehandlung geboren [1, 4, 7, 8]. Kotz und seine Mitarbeiter setzten elektrische Stimulation überdies zur Physiotherapie ein. Hierfür wurden Wechselströme mittelfrequenter Schwingungszahl mit niederfrequenten Impulsen moduliert und über einen Zeitraum von mehreren Wochen täglich angewandt [9]. 1976 wurde bei den Olympischen Spielen in Montreal von Kotz et al. behauptet, „Russische Stimulation“ hätte bei sowjetischen Kraftdreikämpfern einen Kraftzuwachs von ca. 30% erzielt [10].



Heute werden elektrische Impulse sowohl zur Leistungssteigerung als auch zur Behandlung konkreter Beschwerdebilder angewandt.

**Kreuzschmerzpatienten** konnten durch Elektrostimulation eine Verbesserung in deren Visueller Analog Skala (VAS) erreichen [11]. Etwa 88% der Studienteilnehmer reduzierten hierdurch ihre Rückenbeschwerden [12]. Ein weiteres Anwendungsgebiet ist die oben genannte **funktionelle Elektrostimulation**. Dabei werden durch Stromimpulse Körperfunktionen vermittelt [13]. Diese Behandlungsmethode kommt häufig bei posttraumatischer oder orthopädischer Rehabilitation zum Einsatz, um atrophe Muskulatur, beispielsweise nach Kapselbandverletzungen im Knie, zu kräftigen, oder um als Beinschrittmacher für Paraplegierte zu wirken. Von dieser Methode profitieren mitunter Patienten mit denervierter Muskulatur oder Querschnittssymptomatik [14]. Darüber hinaus existieren diverse **Schrittmacher** für beispielsweise Herz [15], Zwerchfell [16] oder die Kontinenzorgane. Seit 1994 zugelassene Darm- und Blasenschrittmacher werden dementsprechend zur Inkontinenzkontrolle verwendet. Mithilfe sakraler Neuromodulation verändern diese Implantate durch elektrische Impulse an Sakralnerven fehlerhafte Informationen des Gehirns [17, 18]. Epidural implantierte Schmerzschrittmacher können die Schmerz Wahrnehmung in ausgewählten Regionen reduzieren und damit zur Schmerzkontrolle beitragen [19]. **Kochleaimplantate** sind in der Lage, Schallwellen in digital chiffrierte Signale umzuwandeln. Diese Zeichen können, in elektrische Impulse geändert, die Hörnervenfasern stimulieren und so eine Hörimpression kreieren [20]. Die **Tiefe Hirnstimulation** fand ihre Erstanwendung in den späten 1980er Jahren durch den französischen Professor *Benabid*. Seither ist das Verfahren für zahlreiche neurologische und psychiatrische Krankheiten zugelassen. Kontinuierliche hochfrequente Stimulation ermöglicht eine symptomatische Kontrolle der Krankheitszeichen von beispielsweise Morbus Parkinson, Dystonie, Chorea Huntington, fokaler Epilepsie, zerebellärem Tremor und Zwangserkrankungen [21]. Seit 1934 wird elektrische Reizprovokation angewandt, um generalisierte Krampfanfälle im Gehirn auszulösen. Bei einigen psychiatrischen Erkrankungen, wie wahnhafter Depression, depressivem Stupor und schizoaffektiver Psychose, gehörte **Elektrokrampftherapie** zur Behandlung der Wahl. Der Wirkmechanismus dieser Methode beruht wahrscheinlich auf Veränderungen in den Neurotransmittersystemen [22].

### 3.2 Übersicht von Frequenzen in der Elektrotherapie

Als **Elektrotherapie** wird die Anwendung von elektrischem Strom in therapeutischen Verfahren bezeichnet. Neben der Schmerzlinderung, verfolgt diese Behandlungsart Ziele zur Verbesserung der Muskel- und Gelenkfunktionen, Gewebetrophik und Durchblutung [23]. Die Frequenzspektren lassen sich in vier große Gruppen unterteilen.

**Galvanisation oder Iontophorese** beschreibt die Anwendung von Gleichstrom mit einer konstanten Stromstärke und einer Frequenz von 0 Hz. Als Einsatzgebiet in der Rehabilitation und Therapie bewirkt es Analgesie und Hyperämie [7]. Galvanisches Bad nennt man jede Therapieform, bei der schwacher Gleichstrom von Elektroden aus im Wasser durch den Körper geleitet wird. Galvanotherapie bewirkt, zusätzlich zu oben genannten Punkten, eine Lockerung verspannter Muskulatur, Verringerung von rheumatischen Entzündungen als auch Linderung bei arteriellen Durchblutungsstörungen und

Spondylarthrosen [24]. Iontophorese, ein ähnliches Verfahren, beschleunigt die Resorption von Arzneistoffen durch die Haut, mit Hilfe eines extern angelegten elektrischen Feldes [25].



Abbildung 5 Iontophorese (li.) und hydro-galvanisches Vollbad (re.) [26]

Die **Niederfrequenztherapie** deckt den Bereich zwischen 0 - 1.000 Hz ab. Hierfür werden lediglich Einzelreize verwendet. Solche Reizströme führen durch Erregung von Nerven und Muskelfasern zur Kontraktion. Je nach Reizintensität, dient die Therapie mit niederfrequenten Impulsen neben der Muskelkräftigung auch der Schmerztherapie. Durch die Behandlung wird der Erhalt von geschwächter oder paretischer Muskulatur bezweckt [23, 27]. Wegen der schmerzhemmenden und hyperämisierenden Wirkung, eröffnen sich weitere Behandlungsindikationen, darunter Neuralgien, Phantomschmerzen sowie Tendinosen und radikuläre Schmerzen. Für niederfrequente Ströme gibt es verschiedene Anwendungsmethoden und -bereiche. Die Rechteckimpulse der TENS, der transkutanen elektrischen Nervenstimulation, erzeugen sogenannte Verdeckungsreize. Die Schmerzwahrnehmung wird durch Erregung von benachbarten Strukturen, z.B. naheliegenden Hautrezeptoren, reduziert. Das Verdeckungsprinzip beruht auf der Gate-Control-Theorie. Es wird postuliert, dass die Erregung der langsamer leitenden Schmerzfasern durch zeitgleich stimulierte Berührungs- und Drucknervenfasern entkräftet werden. Generell wird TENS zur Schmerztherapie bei muskuloskelettalen oder neuropathischen Schmerzen verwendet.



Abbildung 6 TENS-Gerät [28]

Als Diadynamische Ströme werden Wechselströme unterschiedlicher Frequenz bezeichnet, die ihre Wirkung in Analgesie und Resorptionsförderung wiederfinden. Eine Reizstromtherapie mit Rechteckimpulsen aktiviert motorische und sensible Nervenfasern. Der Einsatz solcher elektrischer Ströme führt zur Muskelstimulation und Analgesie [7, 29, 30].

Von **Mittelfrequenztherapie** spricht man im Bereich zwischen 1.000 – 100.000 Hz. Sie bewirkt neben einer Steigerung der Durchblutung auch eine Schmerzlinderung und trägt des Weiteren zur Stoffwechselsteigerung und Regeneration bei. Daraus ergeben sich Anwendungsgebiete bei muskuloskelettalen Verletzungen, beispielsweise Kontusionen, Luxationen, respektive Ulzera, Durchblutungsstörungen und CRPS. Der Interferenzstrom wirkt je nach Frequenz entweder sympathikusdämpfend und akut schmerzlindernd, oder muskelaktivierend, beziehungsweise resorptionsfördernd [4, 7].



Abbildung 7 Therapiesystem SoleoGalva [31]

Eine aktuelle Metaanalyse zeigt, dass mittelfrequente Ströme für ein muskuläres Training ähnlich geeignet sein könnten wie niederfrequente Stromimpulse [32].

Eine **Hochfrequenztherapie** mit über 100.000 Hz wird hauptsächlich zur Wärmetherapie angewandt [33]. Als spezifische Wirkung ist neben der Erzeugung von Tiefenwärme auch die Anregung von Durchblutung, Immunsystem und Stoffwechsel genannt. Aus diesem Grund ist die Therapie mit hochfrequenten Strömen bei muskuloskelettalen Verletzungen, etwa Zerrungen, Distorsionen, Tendovaginitiden, CRPS und Lumbago indiziert [4].



Abbildung 8 Modernes Gerät zur Hochfrequenztherapie [4]

### 3.3 Muskelstimulation mit niederfrequentem Reizstrom

*„Bei der Elektromyostimulation (EMS) werden Muskeln mittels elektrischer Reize stimuliert, um eine Muskelkontraktion hervorzurufen. Die Reizapplikation erfolgt mit Oberflächenelektroden über die Haut im Bereich der Innervationszone des Muskels, entweder in Ruhe oder in Verbindung mit einer willkürlichen Kontraktion des Zielmuskels (überlagernde Muskelstimulation).“ [34]*

Niederfrequenter Reizstrom wird lokal oder ganzkörperlich sowohl im Leistungs- und Breitensport als auch im Wellness- und Rehabilitationsbereich eingesetzt [7]. Für die verschiedenen Gebiete existieren

jeweils eigene Frequenzbereiche. In „*Physikalische Therapie, Massage, Elektrotherapie und Lymphdrainage*“ von Hüter-Becker und Dölken werden die verschiedenen Frequenzbereiche im niedrigen Spektrum (1-1000 Hz) erklärt. Für Diagnostik und Lähmungsbehandlung werden **0-5 Hz** verwendet. Schüttelfrequenzen bei **5-20 Hz** bewirken Vibration, Muskelentspannung und Aktivierung. Bei einer Frequenz von **> 20 Hz** entstehen Serienimpulse. Zur Muskelkräftigung werden üblicherweise **> 50 Hz** verwendet. Diese führen zur Tonussteigerung der quergestreiften Muskeln. Bei höheren Frequenzen **> 100 Hz** resultiert eine dämpfende und detonisierende Empfindung [27]. Wenk bestätigt die bestmögliche Reizfrequenz für quergestreifte Muskulatur bei **> 50 Hz** [35].

Im Fall von Elektrostimulation als Trainingsmittel zur Leistungssteigerung und zum Kraftaufbau existiert gegenwärtig noch kein Konsens in Bezug auf alle Stimulationskonditionen, jedoch herrscht zumindest in einigen Bereichen Einigkeit. Angewandt werden biphasische, symmetrische Rechteckimpulse mit 0,1- 0,5 ms, 50-100 Hz und der maximal tolerierten Stromstärke. Die Behandlungsdauer beträgt 10- 30 min [36]. Appliziert wird niederfrequenter Reizstrom, gepulster Strom mit periodisch wiederkehrenden Impulsen. Während der Impulsphasen wird der Muskel über seine Reizschwelle gebracht und es folgt eine Kontraktion [7, 13]. Ein systematisches Review von Filipovic et al. unterstützt diese Konditionen und zeigt eine signifikante Korrelation zwischen den oben genannten Stimulationsparametern und einem bedeutsamen Kraftzuwachs. Wichtig seien neben der angemessenen Trainingshäufigkeit und –dauer, eine ausreichende Kontraktionsstärke von >50% der maximal willentlichen. Zusätzlich konkretisieren die Autoren eine Dauer von 200 bis 400  $\mu$ s und eine Stimulationsfrequenz von 50 bis 100 Hz [37].

**Lokale EMS** arbeitet mit wenigen Elektrodenpaaren, die regional auf dem *motorischen Reizpunkt* angebracht werden. Einzelne Muskeln werden separat trainiert.

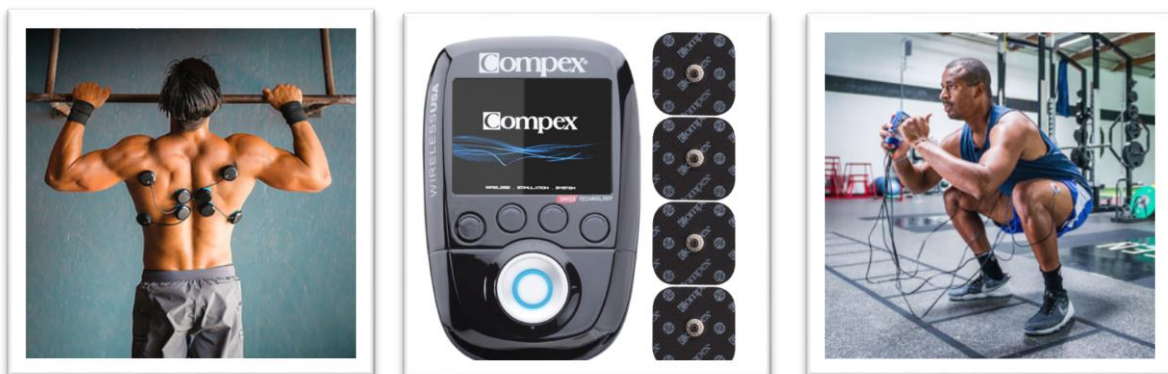


Abbildung 9 Lokales niederfrequentes EMS Gerät mit Einzelelektroden der Fa. Compex [38]

**GK-EMS:** (Ganzkörper- Elektromuskelstimulation) bezeichnet ein seitengleiches Training aller großen Muskelgruppen. Hierfür werden Oberflächenelektroden auf der Haut platziert. Agonist und Antagonist werden simultan im Sinne einer Kontraktion aktiviert [39, 40].

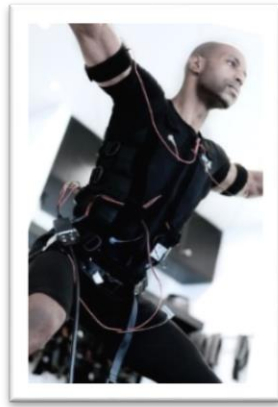


Abbildung 10 Fitnesstraining mit Elektromyostimulation [41]

### 3.4 Anwendungsgebiete von Elektromyostimulation

Elektromyostimulation wird heute vielseitig verwendet und in unterschiedlichen Branchen eingesetzt. Dazu zählen Gebiete in der Therapie sowie in der physikalischen Rehabilitation von Erkrankungen. Außerdem findet EMS Anwendung in der Wettkampfvorbereitung im Sport und als Regenerationsförderung.

#### 3.4.1 Übersicht über Einsatz von EMS in Rehabilitation und Therapie

**Orthopädie** - Die elektrische Stimulation hat sich zu einem weithin akzeptierten therapeutischen Werkzeug für die Muskelrehabilitation entwickelt [42]. Patienten mit Gonarthrose wiesen nach einer EMS-Behandlung eine Verbesserung der Muskelkraft sowie eine Steigerung der funktionellen Effizienz auf [34, 43]. Kemmler et al. wiesen in einer Metaanalyse zum Gebrauch von EMS bei älteren Patienten mit chronischen unspezifischen Rückenschmerzen auf eine signifikante Reduktion derselben durch Ganzkörper-EMS hin [44]. Zusätzlich zur Schmerzverringerung [11, 45] wurde ein reduzierter Medikamentenkonsum nach EMS beobachtet [46].

**Pulmonologie und Kardiologie** - Die Autorengruppen Sbruzzi et al. und Smart et al. konnten in ihren Metaanalysen die Wirksamkeit von funktioneller Elektrostimulation (FES) bei Probanden mit chronischer Herzinsuffizienz feststellen. Im Vergleich zu Kontrollgruppen wurde bei der EMS-Fraktion eine erhöhte Sauerstoffaufnahme erfasst. Verglichen mit konventionellem aerobem Training, lieferte FES positive Ergebnisse in Bezug auf die Gehstrecke [47, 48]. Pan et al. postulieren in ihrem systematischen Review, EMS bewirke eine Verbesserung der Dyspnoe bei Patienten mit Chronisch obstruktiver Lungenerkrankung (COPD) [49]. Nach Intervention wurden ferner die Quadrizepsmuskelstärke und die mit Respirationssymptomen verbundene häusliche Funktionalität verbessert [50].

**Neurologie** - Im Rahmen der Rehabilitation spielt EMS bei verschiedenen Erkrankungen eine wichtige Rolle zur Beseitigung inaktivitätsbedingter Veränderungen von Muskelkraft und körperlicher Funktion [51]. Funktionelle Elektrostimulation kommt auf neurologischer Behandlungsebene bei Patienten mit Schlaganfall, Multipler Sklerose, Rückenmark- oder Kopfverletzung, Zerebralparese und spastischer Paraparese zum Einsatz [52]. Intramuskuläre Elektroden können durch die Korrektur des Fußabfalls die Gehgeschwindigkeit und Trittfrequenz bei hemiplegischen Patienten signifikant verbessern [53]. Eine umfangreiche Literaturübersicht zum Thema ‚Funktionelle Elektrostimulation und EMG-gesteuerte Elektrotherapie in der motorischen Rehabilitation nach Schlaganfall‘ beschreibt EMG

(elektromyographisch)-getriggerte Elektrostimulation in der Gesamtschau als gut belegtes Verfahren zur Rehabilitation von Plegien durch Schlaganfall [54]. EMS scheint des Weiteren bei (MS-) Multiple Sklerose-Patienten mit neurogener Blasenstörung eine Symptomlinderung der überaktiven Blase zu bewirken [55]. Es wurde eine Empfehlung für Elektrostimulation bei MS-Patienten mit neurologischem Defizit ausgesprochen, da sich EMS positiv auf die Wiederherstellung von Balance und Biomechanik des Gehens auswirkt [56]. Die Gehfunktion der Probanden konnte signifikant verbessert werden [57]. Testpersonen mit chronischer Rückenmarksverletzung waren nach funktioneller Elektrostimulation in der Lage, die Koordinierung der Muskelaktivität zu steigern. Außerdem wurden neurologische Funktionen positiv beeinflusst, die Muskelmasse erhöht, funktionelle Fähigkeiten verbessert und die Spastizität gesenkt [58].

Darüber hinaus konnte gezeigt werden, dass GK-EMS die Körperzusammensetzung bei Patienten mit hämatologischen malignen Erkrankungen verbessert [59] und die Muskelmasse bei Patienten mit einem Risiko für sarkopenische Adipositas erhöht [60].

#### 3.4.2 Übersicht über Einsatz von EMS in Leistungssport

Bei Athleten verschiedener Sportarten wurde EMS hinsichtlich der Verbesserung von muskulärer Regeneration und Steigerung der Leistungsfähigkeit getestet. Es wurde der Effekt auf die SJ (Squat-Jump)- und CMJ (Counter-Movement-Jump)- Performance auf **Volleyballspieler** untersucht [61]. Bei **Basketballspielern** wurde sowohl die Sprunghöhe im CMJ als auch der Einfluss von EMS-Training auf die isokinetische und isometrische Kraft erfasst [62]. An **Fußballspielern** wurden elektromyostimulative Effekte auf die vertikale Sprungleistung, die Sprintzeit und die maximale willkürliche Kontraktion der Beinmuskulatur gemessen [63, 64]. Auch bei professionellen **Rugbyspielern** wurden Veränderungen nach Elektromyostimulationstraining im isokinetischen Drehmoment für verschiedene Winkelgeschwindigkeiten untersucht und die Effekte auf die Höhe beim vertikalen Sprung und die maximalen Kraft beim Squat (Kniebeuge) erforscht [65]. Vor und nach einer EMS-Intervention wurden Schwimmzeit- und Spitzendrehmoment im Arm von **Wettkampfschwimmern** geprüft [66]. **Tennispieler** wurden bezüglich ihrer maximalen Quadrizepsstärke, der Höhe beim CMJ und der Sprintzeit evaluiert [67]. In **unterschiedlich trainiertem Teilnehmergut** wurden Effekte von EMS-Training auf ausgewählte Kraftparameter ausgewertet [68]. Filipovic et al. fassten in ihrer Meta-Analyse mit untrainierten und trainierten Probanden sowie Eliteathleten den Einfluss von EMS auf Maximal- und Schnellkraftsteigerung, vertikale Sprunghöhe und Sprintzeiten zusammen [69]. Des Weiteren wurden die Auswirkungen von EMS auf die **Regeneration** und anschließende Krafterzeugungskapazität von Sportlern behandelt [70]. Beispielsweise wurden am Folgetag nach elektrostimulativer Therapie die Sprintzeiten bei einem Performance-Test abgenommen und die Wahrnehmung der Erholung und der Einfluss auf die Leistung beurteilt [71]. Außerdem wurden positive Auswirkungen auf das subjektiv empfundene Energieniveau und den Erholungsstresszustand der Spieler erhoben [72]. Auch Malone et al. thematisieren in ihrem systematischen Review EMS als Mittel zur Regeneration nach sportlicher Aktivität. Verglichen mit passiver Regeneration, wurden signifikant positive Ergebnisse bezüglich der Verbesserung von subjektivem Schmerz- und Anstrengungsempfinden evaluiert [73].

Bei professionellen **Eishockeyspielern** aus der French Ice Hockey Federation League, division II, wurde der Einfluss von EMS auf eishockeyspezifische Leistungen untersucht. Es wurden Effekte auf das maximale isokinetische Drehmoment im Kniegelenk bei exzentrischen und konzentrischen Bedingungen und Effekte auf die Sprintzeit sowie auf die vertikale Sprungleistung im Squat-Jump, Drop-Jump und Counter-Movement-Jump ausgewertet. Die Parameterdaten wurden zu Beginn der Studie und nach einem 3-wöchigen EMS-Training mit 17 Probanden erhoben. Die Kraft der Knieextensoren bei unterschiedlichen Winkelgeschwindigkeiten (konzentrisch: 60, 120, 180, 240, und 300°s<sup>-1</sup>, exzentrisch: -60 und -120°s<sup>-1</sup>) wurde mit einem Biodex isokinetik dynamometer evaluiert, die



Sprungfähigkeit über eine contact mat aufgezeichnet und die Sprintzeit über 10 und 30 m über ein Infrarot Photoelektrisches System abgenommen [74]. Eishockey zählt zu den verletzungsreichsten Sportarten. Die Verletzungsverteilung im Bewegungsapparat zeigt sich in absteigender Reihenfolge vorwiegend in der untere Extremität mit bis zu 36%. Innenband-Läsion im Kniegelenk, Insertionstendinopathien der Adduktoren und Bandverletzung im OSG sind am häufigsten betroffen. In der Rangliste folgt die obere Extremität mit bis zu 34% und damit hauptsächlich Akromioclaviculargelenkkontusionen und Prellungen. An dritter Stelle stehen in bis zu 25% der Fälle Verletzungen von Kopf und Nacken, gefolgt von Verletzungen am Rumpf. Präventionsmöglichkeiten sind neben Ausrüstung und Fairplay ein gezieltes Kraft- und propriozeptives Training [75]. Ein mindestens 6-wöchiges gezieltes Kraftprogramm und propriozeptives Training von Hüft- und Rumpfmuskulatur senkt die Verletzungshäufigkeit der Adduktoren und Leistenstrukturen [76]. Gezieltes Krafttraining gilt unter anderem als Mittel zur Verletzungsprävention. Eine Prophylaxe von Verletzungen ist gerade im Eishockey aus gesundheitlichen Gründen äußerst sinnvoll. Da Training mit EMS und Krafttraining ähnliche Effekte auf die Kraftentwicklung haben [77, 78], könnte Ganzkörper-EMS-Training im Eishockey zur Verletzungsprophylaxe des gesamten Bewegungsapparates beitragen.

### 3.5 Fragestellung

Diese Studie plant zu untersuchen, ob GK-EMS als zusätzliches Trainingsinstrument die sportlichen Fertigkeiten von Eishockeyspielern signifikant verbessern und damit zur Vorbeugung von Verletzungen beitragen kann.

**1.  $H_0$ -Hypothese:** Der Trainingseffekt mittels GK-EMS unterscheidet sich innerhalb der Trainingsgruppen nicht signifikant hinsichtlich der untersuchten Parameter

Es wird getestet, ob Probanden, die zusätzlich zum Eishockeytraining Interventionen mit EMS erhalten, verglichen mit der jeweiligen Kontrollgruppe, signifikante Verbesserungen in den zu untersuchenden Parametern aufweisen.

**2.  $H_0$ -Hypothese:** Der Trainingseffekt mittels GK-EMS unterscheidet sich innerhalb von Trainingsgruppen auf verschiedenen Leistungsniveaus nicht signifikant hinsichtlich der untersuchten Parameter

Es wird geprüft, ob Probanden unterschiedlicher Ligazugehörigkeit und damit unterschiedlichem Leistungsniveau mit EMS-Training unterschiedliche Effekte hinsichtlich der zu untersuchenden Parameter aufzeigen.

Die Leistungsverbesserung wird anhand der vier untersuchten Parameter Zeit für 10 m Sprint, Schussgeschwindigkeit, maximale Kraft der Knieextensoren beim Counter-Movement-Sprung und maximales Drehmoment bei  $300^\circ\text{s}^{-1}$  untersucht.

	Zu zeigender Unterschied	Standardabweichung innerhalb eines Probanden	Benötigte Fallzahl (aufgerundet) bei einer Power von 90%
10m- Sprint	0,1 Sek.	0,1 Sek.	25
Schussgeschwindigkeit	10 km/h	10 km/h	25
max. Kraft Knieextensoren	4 W	4 W	25
Maximales Drehmoment bei $300^\circ\text{s}^{-1}$	14 Nm	10 Nm	13

Abbildung 11 Gutachten der statistischen Fallzahlplanung mit Zu zeigender Unterschied, Standardabweichung, Benötigte Fallzahl für die primären Variablen 10 m-Sprintzeit, Schussgeschwindigkeit, Sprungleistung, Max. Drehmoment bei  $300^\circ\text{s}^{-1}$

Die zwei sekundären Zielgrößen Höhe beim vertikalen Sprung in cm und maximales Drehmoment bei  $60^\circ\text{s}^{-1}$  in Nm werden als explorative Variablen ausgewertet. Der zu zeigende Unterschied beträgt 2,4 cm bzw. 18 Nm. Maximales Drehmoment bei  $60^\circ/\text{s}$  und  $300^\circ/\text{s}$  werden aufgrund der Belastungsmodi der Einfachheit halber im Folgenden als Maximal- und Schnellkraft bezeichnet.

## 4. Material und Methoden

In den folgenden Abschnitten werden zunächst Material und Methoden beschrieben, eingeleitet von Studiendesign und Teilnehmern, gefolgt von Geräten, Räumlichkeiten und EMS-Training, angeschlossen von Messung und Werteerhebung. Daraufhin wird die Ergebnisauswertung vorgestellt. Im Zuge dessen wird eine mögliche Beeinflussung durch Mitgliedschaft in unterschiedlichen Ligen geprüft. Außerdem wird die Nachschaltwirkung von EMS besprochen. Um die Selbsteinschätzung der Probanden hinsichtlich ihrer Fertigkeiten in den Parametern und allgemeinen Eigenschaften, wie Stimmung, Fitness und Zufriedenheit mit der Körperform zu erfassen, werden subjektive Fragebögen ausgewertet. Schlussendlich werden die Resultate in Zusammenschau der Ergebnisse diskutiert und auf den Einfluss von EMS auf die Verletzungswahrscheinlichkeit eingegangen. Den Abschluss bilden Fazit und Zusammenfassung.

### 4.1 Studiendesign und Vorbereitung

Es wurde primär eine prospektive klinische Vorher-Nachher Studie konzipiert. Um die anhaltende Wirkung im Nachgang zum Training besser evaluieren zu können und spezifische Effekte der Trainingsgruppen (Einfluss des Trainers) ausblenden zu können, wurde alternativ eine Cross-Over-Intervention designt und eine Randomisierung im Losverfahren implementiert. Das zweite Studienkonzept wurde dann umgesetzt.

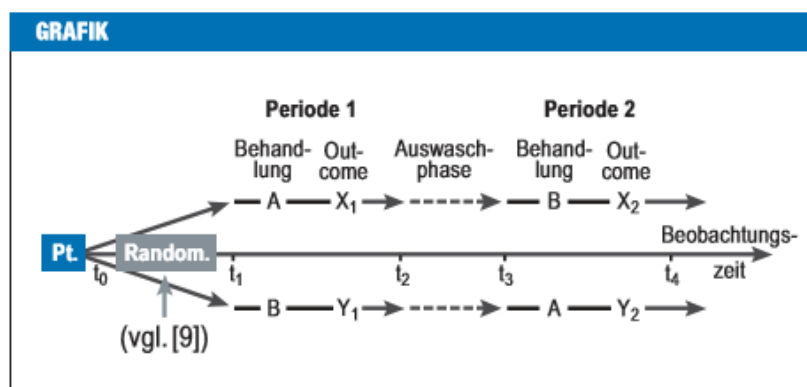


Abbildung 12 Schema eines Cross-Over-Versuchs: Pt. Patient; Random., Randomisation [79]

Die statistische Beratung durch das Institut für Medizinische Informationsverarbeitung, Biometrie und Epidemiologie an der medizinischen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität erbrachte, unter Annahme einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5% und einer Power von 90%, eine Fallzahl von 25 Probanden, dementsprechend 26 Probanden, um eine gleich große Gruppenstärke zu erhalten.

Die Interventionsstudie wurde der Ethikkommission der LMU München vorgelegt und mit der Projekt-Nr: 808-16 genehmigt. Im Zuge der EMS-Ausbildung wurde seitens der Berichterstatterin und des Studienleiters eine gültige GK-EMS-Trainerlizenz (Glucker Kolleg) erworben. Die zu untersuchenden



Parameter wurden in Anlehnung an F. Brocheres Studie *Electrostimulation Training Effects on the Physical Performance of Ice Hockey Players* [74] festgelegt und um die Variablen Sprungleistung und Schussgeschwindigkeit erweitert. Alle teilnehmenden Spieler wurden im persönlichen Kontakt rekrutiert. Die Teilnahme beruhte auf freiwilliger Basis und war ohne entgeltliche Vergütung. Es erfolgte die Einverständniserklärung aller Probanden.

Die Studie wurde von der Firma Miha Bodytec durch die Bereitstellung des GK-EMS-Zubehörs unterstützt. Ein finanzieller Beitrag der Studie oder eines daran Beteiligten erfolgte nicht.

## 4.2 Teilnehmer

In die Studie wurden insgesamt 30 Probanden im Alter zwischen 18 und 48 Jahren eingeschlossen. Als definierte Einschlusskriterien galten: männlich, zwischen 16 und 50 Jahren, keine Kontraindikationen gegen GK-EMS, Mitglied in einer Bezirksliga- oder Hobbymannschaft im Eishockey und keine Teilnahme an einer anderen Studie. Die schriftliche Einwilligung fand nach erfolgter Aufklärung statt.

Alle 30 Teilnehmer wurden den zwei Gruppen zugelost. Die Stichprobe bestand aus 9 Hobbyspielern und 21 Bezirksligisten und belief sich auf je 15 Probanden pro Gruppe. Das Grundkollektiv der 30 Eishockeyspieler setzte sich zusammen aus 70 % Bezirksligaspielern und 30% Hobbyligisten im Alter von  $27,5 \pm 7,9$  Jahren. Die Probanden hatten zum Studienzeitpunkt durchschnittlich eine Größe von  $1,81 \pm 0,07$  m und wogen  $80,2 \pm 12,5$  kg, mit einem errechneten BMI von  $24,5 \pm 2,6$ . An der Untersuchung nahmen 18 Stürmer, 10 Verteidiger und 2 Torwarte teil. Zum Studienbeginn maßen Extremitäten und Taille folgende Umfänge: Oberschenkel rechts ( $58,5 \pm 6$  cm), links ( $58,4 \pm 6$  cm), Oberarm rechts ( $35,6 \pm 3$  cm), links ( $35,3 \pm 3$  cm), Taille ( $88,9 \pm 9$  cm). Teilnehmende Personen durften jederzeit auf eigenen Wunsch vorzeitig und ohne Angabe von Gründen aus der klinischen Studie austreten. Außerdem konnten sie durch den Prüfer aus Gründen der Gesundheitsgefährdung ausgeschlossen werden. Vier Probanden brachen die Studie aus studienunabhängigen Gründen, Nicht-Compliance mit dem Protokoll, oder Verletzung ab. Das Eishockeytraining wurde für alle Testpersonen wie gewohnt mit 2-3 Einheiten unter der Woche und einem bis zwei Spielen am Wochenende fortgesetzt. Der Interventionszeitraum umfasste 11 Monate.

## 4.3 Geräte und Räumlichkeiten

### 4.3.1 EMS-Ausstattung

Das GK-EMS-Equipment mit dem Steuergerät *miha bodytech II* wurde in der Max-Aicher-Arena in Inzell etabliert.



Abbildung 13 EMS-Gerät *miha bodytech II* mit Bodenständer [80]

Zwei dieser EMS-Geräte, sämtliche Applikationswesten mit Kabelsatz und zugehörigen Bein-, Arm- und Gesäßgurten wurden durch die Firma *miha bodytech GmbH* (Gersthofen) zur Verfügung gestellt.



Abbildung 14 GK-EMS Elektroden (grauer Bereich) [44]

Jeder der Teilnehmer erhielt ein Funktionswäsche-Set als Unterkleidung.



Abbildung 15 Funktionswäscheset, EMS-Weste mit Gurten und Verkabelung [81]

Die GK-EMS-Geräte verfügen über eine Bluetooth-Funktion, wodurch über gekoppelte Programmeinstiege ein zeitgleiches Training der Sportler garantiert wurde.



Abbildung 16 ‚miha bodytech device‘ [80]

Der Steuerbildschirm beinhaltet einen Level-Regler zur Grobadjustierung der gesamten Stromstärke. Zusätzlich existierten für jede der acht großen Muskelpartien eigene Stromstärke-Regler zur Feinabstimmung. Diese umfassten Oberschenkel, Gesäß, unterer Rücken, Trapezius, Latissimus, Bauch, Brust und Oberarme. Weiter befanden sich auf dem Display Anzeigeflächen für Trainingszeit und Impulsdauer sowie die Möglichkeit einen Avatar zur visuellen Trainingsanleitung zuzuschalten. Jeder der Spieler erhielt seine persönliche Chipkarte, um die individuellen Stromstärke-Werte der einzelnen Regler und die jeweiligen Fortschritte in den verschiedenen Sessions zu speichern.

#### 4.3.2 Radaranlage

Die Schussgeschwindigkeit in km/h beim Schlagschuss wurde mit dem „SPORTRADAR 1503“ der Firma Sportradar (Gallen, Schweiz) [82] gemessen. Die Funktionsweise der Dauerstrichradaranlage entspricht der im Straßenverkehr zur Geschwindigkeitsmessung genutzten Technik [83]. Der Unmodulierte Continuous Wave Radar (CW) sendet und empfängt das Radarsignal ohne Unterbrechung. Frequenz und Amplitude der Radiowellen bleiben unverändert. Wegen des Doppler-

Effekts entsteht eine Frequenzverschiebung. Der Frequenzunterschied zwischen gesendetem und empfangenem Signal wird erfasst und daraus die Geschwindigkeit errechnet [84].

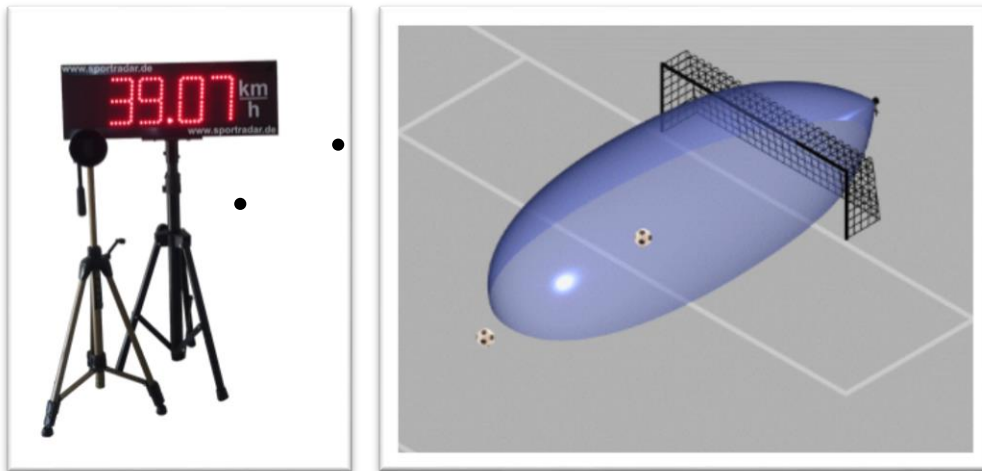


Abbildung 17 Radaranlage Ballspeedometer 1503 [82, 85]

Der Sensor wurde mittig, etwa eine Torbreite hinter dem Eishockeytor, auf halber Torhöhe platziert. Die Ausrichtung erfolgte parallel zur Schussbahn, da der Messkopf Bewegungen realisiert, die frontal auf ihn gerichtet sind. Die Probanden schossen während der Testung dreimal aus einer Entfernung von 10 m mit einem Schlagschuss auf das hinter dem Tor befindliche Radargerät.

Der **Schlagschuss** stellt die Schusstechnik dar, mit der am härtesten geschossen werden kann. Hierfür holt der Spieler mit seinem Schläger weit hinter dem Rücken aus. Mit viel Schwung wird der Stock zurückgeführt und kurz vor dem Puck auf die Eisfläche gebracht. Der Sportler legt sein Gewicht auf den Schläger und flektiert ihn dadurch. Die erzeugte Wirkung gleicht einer Feder und führt, durch Zurückspringen des Schlägers in seine ursprüngliche Position, zu einer wirksamen Beschleunigung der Scheibe.

#### 4.3.3 Kraftmessplatte

Individuelle Spitzensprungleistung und maximale Sprunghöhe beim Counter-Movement-Jump (CMJ) wurden durch die Leonardo Mechanograph GRFP der Firma Novotec (Pforzheim, Deutschland) analysiert. Über die Sprungplatte werden Bodenreaktionskräfte durch eine Messdruckplatte aufgezeichnet und anschließend in einem Computerprogramm ausgewertet [86, 87]. Zur Testung stellten sich die Spieler mit beiden Beinen in die vorgegebenen Bereiche der Platte und führen dreimal einen CMJ aus.



Abbildung 18 Leonardo Mechanograph GRFP [87]

Beim Counter-Movement Sprung, einem Vertikalsprung mit Ausholen, wird aus einer aufrechten Körperposition eine zügige Bewegung zur Squat-Ausgangsposition durchgeführt. Ziel ist es, aus dieser Lage maximal nach oben zu springen [86, 88].



Abbildung 19 Counter Movement Jump [89]

#### 4.3.4 Lichtschranke

Die Sprintzeit in Sekunden für eine 10 m-Strecke wurde mit der Lichtschranke ALGE Sports Timing Modell RL S1c (Lustenau, Deutschland) erfasst. Sender und Empfänger befinden sich im selben Gehäuse. Der Lichtstrahl des Sendeteils wird auf einen gegenüberliegenden Reflektor gerichtet. Der Reflektor fungiert wie ein Spiegel und sendet die Infrarotlichtstrahlen zum Empfänger zurück in das Gehäuse. Die Funktionsweise einer Reflexionslichtschranke beruht auf der Detektion einer kurzzeitigen Unterbrechung des Lichtstrahls beim Empfänger während der Passage eines Probanden. Im Falle einer Unterbrechung des Infrarotstrahls wird vom Empfänger ein Impuls ausgelöst [90, 91].



Abbildung 20 Lichtschranke ALGE Sports Timing RL S1c

Zur Sprintzeitmessung begaben sich alle Teilnehmer der Reihe nach in Aufstellung und durchliefen insgesamt dreimal die Lichtschrankenkonstruktion mit einer Strecke von 10 m.

#### 4.3.5 IsoMed 2000

Die isokinetische Maximal- ( $60^{\circ}\text{s}^{-1}$ ) und Schnellkraftmessung ( $300^{\circ}\text{s}^{-1}$ ) der Knieextensoren erfolgte durch den IsoMed2000 der Fa. D. & R. Ferstl GmbH (Hemau, Deutschland). Durch das Kraftdiagnosesystem können variierende isokinetische Modalitäten für die Beinmuskulatur reproduziert werden. Zur dynamischen Ermittlung der konzentrischen Maximalkraft wird, bei

definierten Winkelgeschwindigkeiten, die zur Überwindung des maximal möglichen Widerstands benötigte Kraft gemessen.

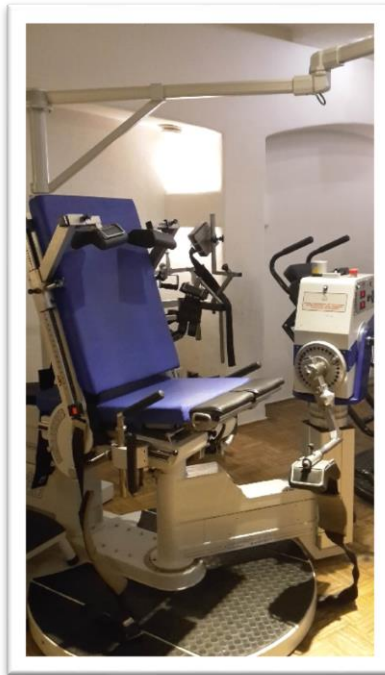


Abbildung 21 IsoMed 2000 der Fa. D. & R. Ferstl GmbH

Der IsoMed 2000 Dynamometer arbeitet mit einem Drehmomentsensor mit telemetrischer Signalübertragung und einem Absolutwinkelsensor, angetrieben durch einen Synchron Servomotor. Bei einer isokinetischen konzentrischen Bewegung wird über das am Hebelarm eingeleitete Drehmoment eine entsprechende Beschleunigung des Antriebes berechnet und dem Servosystem übergeben. Dementsprechend bewegt der Proband den Hebelarm nicht aus eigener Krafteinleitung -, ihm wird lediglich eine Simulation dessen vermittelt [92].

Jeder Teilnehmer durchlief eine Aufwärmrunde und den anschließenden einmaligen Testversuch. Für beide Beine wurde jeweils erst die Maximalkraft und darauffolgend die Schnellkraft getestet.

#### 4.3.6 Formulare und Räume

Jeder Teilnehmer erhielt zu Studienbeginn einen standardisierten Fragebogen zur Anamneseerhebung und Basisuntersuchung. Zusätzlich unterschrieben die Spieler eine Einverständniserklärung für die Studienteilnahme. An Anfang und Ende beider Trainingszyklen wurde ein weiterer Fragebogen zur Ermittlung der subjektiven Einschätzung von Körperform, Fitness, Stimmung, Sicherheit, Stabilität auf dem Eis und der individuellen Leistungsbewertung der primären Zielgrößen ausgehändigt. Auf einer Skala von 1-10 aufsteigend sollten die Spieler die eigene Bewertung ihrer Fähigkeiten und Eigenschaften eintragen. Das Gesamtfinden wurde mit Zufriedenheit in Prozent abgegeben. Verletzungen wurden erfasst und als vom Sport abhängig oder unabhängig klassifiziert. Da bei kleiner Stichprobe vorhersehbar wenige Verletzungen auftreten sollten, werden hilfsweise die subjektive Sicherheit und Stabilität auf dem Eis sowie der Zusammenhang zwischen Kraft und Propriozeption und Verletzungsprophylaxe als indirekte Indikatoren zur Senkung des Verletzungsrisikos herangezogen.

Die benötigten Räumlichkeiten für Messungen, Training und Aufbewahrung sämtlicher Geräte wurden vom Deutschen Eisschnelllauf-Club zur Verfügung gestellt. Diese umfassten das Eishockeyfeld, einen

Kraftraum und ein Nebenzimmer als Lagerort für die EMS-Geräte einschließlich der Ausstattung, Lichtschränke sowie Sprungplatte und Radargerät. Für die Isokinetik-Testreihen wurde dem Studienpersonal die freie Benutzung der Trainingsfläche der medizinischen Rehabilitationseinrichtung *Aktiva Medici AG* (Prien a. Chiemsee) kostenlos ermöglicht.

#### 4.4 EMS-Training

Das GK-EMS-Training wurde einmal pro Woche durchgeführt und betrug 20 min. Der Studienzeitraum umfasste 12 Wochen. Pro Einheit waren feste Trainingszeiten und spezifische Übungen für jeden Parameter integriert. Als Trainingsprogramm wurde ‚Kräftigung Fortgeschrittene‘ mit folgenden Parametereinstellungen gewählt. Impulsdauer: 4 s, Impulspause: 4 s, Frequenz: 85 Hz, Impulsbreite: 350  $\mu$ s [93], entsprechender Duty Cycle: 50% und Rechteckimpulse. Das entspricht den Empfehlungen für kommerzielles EMS-Training. Zur Ermittlung der Impulsintensität wurden regelmäßig die Schmerzstärken anhand einer 10-stelligen Visuellen Analog Skala (VAS) geprüft. Die Stromintensität wurde konsekutiv gesteigert und an die individuelle Leistungsfähigkeit und den tagesabhängigen Bedarf der Probanden angepasst.

In den ersten sechs Trainingswochen wurden hauptsächlich statische Übungen ausgeführt. Hiermit sollte sich eine Gewöhnung an die Stromimpulse einstellen und eine Überbeanspruchung vermieden werden. In der zweiten Hälfte des Studienzeitraums führten die Gruppen jeweils dynamische Bewegungen aus. Sämtliche Übungen fanden aus der Grundposition heraus in der Phase der Impulsgabe statt. Nach Übungsausführung wurde in die Halteposition zurückgekehrt. Ganzkörperstabilisationsübungen wurden im Unterarmstütz für die Dauer von zwei Minuten ausgeführt. Seitstütz wurden jeweils eine Minute pro Seite trainiert. Der Trainingsplan wurde wochenspezifisch konzipiert. Bei jeder Einheit fand am Trainingsanfang eine ein- bis zweiminütige Impulsgewöhnung statt, um die maximale Stromstärke kontrolliert an das Tagesoptimum zu adjustieren. Zu den verschiedenen Trainingszeitpunkten erfolgten eigene Übungen für jeden Parameter.

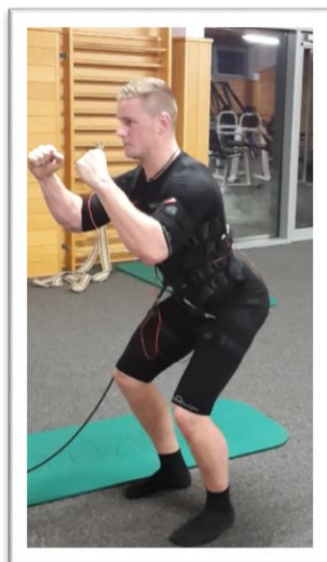


Abbildung 22 Proband in EMS-Grundposition



## Woche 1

Für das Sprinttraining drückten die Probanden bei einer ‚Abduktorenübung‘ mit ‚manual resistance‘ (manuellem Widerstand durch den Betreuer) im einbeinigen Stand mit dem Spielbein gegen den Außenrist des Trainers. Als nächsten Schritt führten die Probanden Ausfallschritte rückwärts durch. Das Training der Schussgeschwindigkeit begannen die Teilnehmer mit sieben Rumpfrotationen zu jeder Seite. Danach folgten 15 Crunches im Stehen und je acht diagonale Crunches in Richtung des kontralateral angehobenen Knies. Das Sprungtraining wurde mit halben Kniebeugen eröffnet. Als Aufgabe für die isokinetische Schnellkraft sollten die Spieler parallele Hocken (Oberschenkel parallel zum Untergrund) ausführen. Zur Ganzkörperstabilisierung wurde abschließend ein Frontstütz gehalten.

VAS	Sprint	Schuss	Sprung	Isokinetik	Stabilität
4	- Abduktorenübung + manual resistance - Ausfallschritt nach hinten = 6′	- Rumpfrotation - Crunch - Diagonaler Crunch = 6′	Halbe Kniebeugen = 2′	Parallele Kniebeugen = 2′	Stütz vorwärts = 2′

Tabelle 1 EMS-Trainingsplan, Woche 1



Abbildung 23 Proband im Frontstütz während des EMS-Trainings

## Woche 2

Das zweite Wochentraining begann mit der Sprintübung von Woche 1, gefolgt von Ausfallschritten mit Druckbetonung nach innen und außen. Zur Simulation des Schusstrainings sollten die Probanden mit ihren Schlägern bankdrücken und rudern. Als Sprungtraining folgten Kniebeugen mit Bizepscurls ohne Hanteln. Zur Isokinetikvorbereitung sollten die Spieler in der nächsten Aufgabe ‚Anfersen‘ ein Kniegelenk flektieren und ihre Ferse aus dem Stand Richtung Gesäß bewegen. Beendet wurde die EMS-Session mit einem seitlichen Unterarmstütz.

5	-Abduktorenübung + manual resistance - Ausfallschritt Betonung innen/ außen = 6′	- Bankdrücken mit Schläger - Rudern mit Schläger = 6′	Kniebeugen mit Bizepscurls = 2′	Anfersen = 2′	Stütz seitlich = 2′
---	--	---	------------------------------------	------------------	------------------------

Tabelle 2 EMS-Trainingsplan, Woche 2



### Woche 3

Zum Training der Sprintleistung wurden Butterfly-Wiederholungen mit manual resistance ausgeführt. Dabei hoben die Athleten ihre Arme rechtwinklig von sich weg und versuchten, diese gegen den Widerstand des Trainers am Ellenbogen, nach vorne innen zu drücken. Darauf folgte ein Ausfallschritt wie in Woche 2. Die Betonung der Anspannung lag auf vor-rück, respektive zur Mitte hin. Die Schussvorbereitung glich der in Woche 1, das Sprungtraining ähnelte dem der Vorwoche und bestand aus Kniebeugen jedoch mit Trizepskontraktionen ohne Gewicht. Um die Stabilität zu trainieren, wurden Kniebeugen mit manual resistance von außen und innen durchgeführt. Der Körper sollte dazu in Achse gehalten und das Körpergewicht nicht verlagert werden. Als Stabilitätsübung wurde ein Rückwärtsstütz absolviert.

5	- Butterfly + manual resistance: Arme n. innen drücken - Ausfallschritt Betonung vor/rück = 6'	- Rumpfrotation - Crunch - Diagonaler Crunch = 6'	Kniebeugen mit Trizepskontraktion = 2'	Kniebeugen mit manual resistance außen/ innen = 2'	Stütz rückwärts = 2'
---	--	--	---	---	-------------------------

Tabelle 3 EMS-Trainingsplan, Woche 3

### Woche 4

Für gezieltes Armtraining beim Sprint wurde ein Reverse-Butterfly mit manual resistance ausgeführt. Die Arme wurden vor dem Körper rechtwinklig gehoben und dem Widerstand des Untersuchers von außen auf die Ellenbogen gegengehalten. Es folgten Sprinterarme im Ausfallschritt. Dabei wurden die Arme kräftig, in voller Range of motion angewinkelt, neben dem Körper bewegt. Jede Beinseite wurde getrennt beansprucht. Für das Schusstraining wurde entsprechend der Vorwoche Bankdrücken und Rudern erledigt.

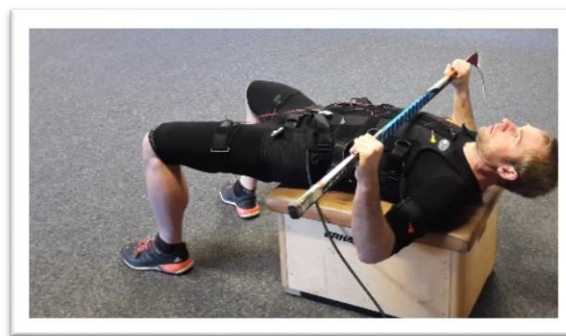


Abbildung 24 Proband während Bankdrückübung

Zur Förderung der Rumpfmuskulatur beim Schlagschuss folgte ein hoher Frontstütz mit ‚Swinging Knees‘. Dabei wurde das gebeugte Knie kräftig abwechselnd in Richtung beider Ellenbogen bewegt. Als Vorbereitung zum Sprungtraining wurden Kniebeugen mit Pulses vollzogen. Die Probanden begaben sich in eine parallele Squatposition und wippten dreimal in dieser. Als Ausgleich zum Extensorentraining im Zuge des Maximal- und Schnellkrafttrainings führten die Teilnehmer Anfersen mit manual resistance aus. Abschließend wurde ein Vorwärtsstütz vollzogen. Jede Extremität sollte einzeln für 15 Sekunden gestreckt vom Untergrund gehoben werden.

6	- Reverse Butterfly mit man. res. - Sprinterarme im Ausfallschritt = 6'	- Bankdrücken mit Schläger - Rudern mit Schläger - Hoher Frontstütz, Swinging Knees = 6'	Kniebeuge + 3 Pulses  = 2'	Anfersen mit man. res.  = 2'	Frontstütz vorwärts Arm-/ Beinheben = 2'
---	---	---	----------------------------------	------------------------------------	---

Tabelle 4 EMS-Trainingsplan, Woche 4

## Woche 5

Als Training der Sprintbewegung vollzogen die Probanden eine ‚Abduktorenübung‘ mit manual resistance. Als nächstes schlossen sich Ausfallschritte mit ‚Sprinterarmen‘ an. Für das Schusstraining begaben sich die Sportler in eine statische Schuss- bzw. Ausholpose mit je einer Minute Zeitaufwand pro Pose und Übung. Als Trainingstool wurde der eigene Schläger verwendet. Zur Verbesserung der Sprungfertigkeiten absolvierten die Spieler daraufhin Kniebeugen mit dreifachen Pulses in der Squatposition. Anschließend sollten sich die Trainierenden von einer parallelen Hocke unter voller Kontraktion in die Streckung drücken. Als Isokinetikübung folgte das ‚Dreieck‘, ein Beinheben in Bauchlage, bei dem die Unterschenkel angewinkelt und die Fersen aneinander gelegt werden. Knie und Fersen bilden somit ein Dreieck. Die Knie sollten kräftig aber langsam vom Boden weggedrückt und die Beine aus dieser Position im Kniegelenk extendiert und flektiert werden. Beendet wurde die Trainingssession mit einem Seitstütz. Das Spielbein wurde dabei während des Stromimpulses mehrmals gestreckt nach oben bewegt.

6	- Abduktorenübung mit manual resistance - Sprinterarme im Ausfallschritt = 6'	Statische Schuss- & Ausholpose  = 4'	- Kniebeuge + 3 Pulses - von Kniebeuge in Streckung  = 4'	Dreieck  = 2'	Seitstütz mit Beinheben  = 2'
---	---	--	--	---------------------	-------------------------------------

Tabelle 5 EMS-Trainingsplan, Woche 5

## Woche 6

Die Sportler führten zur Sprintsimulation einzelne dynamische Ausfallschritte vorwärts aus der Kniebeugeposition heraus aus. Das Schusstraining wurde im Vergleich zur Vorwoche nicht verändert und wiederholt. Zum Training der Sprungfertigkeiten folgten einzelne dynamische Kniebeugen. Während einer Impulszeit sollte eine vollständige Kniebeuge absolviert werden. Die Bewegung wurde kontrolliert und unter Spannung ausgeführt werden. Für die Maximal- und Schnellkraftvorbereitung übten die Teilnehmer im Anschluss Squats mit verschiedenen Winkelstellungen aus. Dabei wurden drei Stationen auf unterschiedlichen Kniebeugehöhen angesteuert: viertel, halb und parallel. Die erreichten Posen wurden jeweils eine Impulsdauer halten. Nach zwei Minuten wurde für ‚Radfahren‘ und ‚Crunches‘ unterbrochen, um anschließend die vorherige Übung weiter auszuführen. Abschließend begaben sich die Sportler in einen Rückwärtsstütz. Hierbei sollten sie die Beine alternierend übereinander legen und halten.

7	Dynamischer Ausfallschritt aus Kniebeuge = 4'	Statische Schuss- & Ausholpose = 4'	Vollständige Kniebeuge  = 2'	- 3 Winkelstellungen in Kniebeuge - Radfahren und Crunches = 6'	Stütz rückwärts Bein über Bein = 2'
---	--	--	------------------------------------	---	--

Tabelle 6 EMS-Trainingsplan, Woche 6

## Woche 7

Die Sprintvorbereitung begann mit dynamischen Diagonalausfallschritten aus einer Kniebeugeposition heraus. Während eines Impulses sollten möglichst beide Beinseiten absolviert werden. Im Schusstraining folgten dynamische Schuss- und Ausholbewegungen mit geführtem Schläger, hauptsächlich der Spielseite. Im Training von Sprungleistung und -höhe verrichteten die Probanden je zwei Strecksprünge hintereinander pro Impulsdauer. Zur Steigerung ihrer isokinetischen Leistung sollten sich die Teilnehmer während eines Impulses dreimal hintereinander explosiv aus der Kniebeuge in den Stand drücken und sich zurück in die Squatposition begeben. Nach Ablauf der ersten Drittelzeit wurden für zwei Minuten schräge Crunches mit ‚leg lifts‘ ausgeführt. Dabei wurde in Rückenlage ein Bein vom Boden gestreckt abgehoben und das kontralaterale Kniegelenk in 90° angewinkelt. Mit gleichseitiger flacher Hand sollte dann gegen den distalen Oberschenkel gedrückt werden, wobei mit der Gegenseite ein schräger Crunch zu dieser Hand ausgeführt wurde. Schlussendlich sollten die Probanden im Frontstütz für zweimal 20 Sekunden je einen Arm und ein Bein diagonal gleichzeitig von der Unterfläche gestreckt abheben.

7	Dynamische diagonale Ausfallschritte = 4′	Dynamische Schuss-, Ausholbewegung Spielseite = 4′	2x Strecksprünge = 2′	- 3x explosiv aus Kniebeuge drücken - schräger Crunch, leg lifts = 6′	Stütz vorwärts, diagonal Arm+ Bein heben = 2′
---	--	---	--------------------------	---	--

Tabelle 7 EMS-Trainingsplan, Woche 7

## Woche 8

Die Sprinteinheit bestand aus dynamischen Diagonalausfallschritten vorwärts. Hierbei wurde anders als in Woche 7 vorher ein Rückaufsetzen zum Schwungholen eingefügt, woraufhin ein dynamischer Ausfallschritt folgte. Das Schusstraining wurde unverändert zur Vorwoche verrichtet. Zum Sprungtraining führten die Eishockeyspieler pro Stromimpuls je zweimal einen Strecksprung mit anschließender Kniebeuge aus. Im Isokinetikabschnitt erfolgten wie in Woche 7 drei Versuche, sich explosiv aus der Kniebeuge zu drücken und schräge Crunches mit leg lifts als Zwischenakt. Beendet wurde das Training mit den beiden Seitstütz. Hierbei sollten die Spieler den jeweils freien Ellenbogen und das kontralaterale Knie diagonal vor dem Körper zusammenführen.

8	1x Dynamischer Diagonalausfallschritt (+ Schritt rückwärts, nach vorne abstoßen) = 4′	- = 4′	2x Strecksprung + Squat = 4′	- = 4′	Stütz seitlich EB und Knie diagonal zsm. führen = 2′
---	--	-----------	---------------------------------	-----------	---

Tabelle 8 EMS-Trainingsplan, Woche 8

## Woche 9

Zur Verbesserung der Sprintfertigkeiten wurde das GK-EMS-Training mit alternierenden plyometrischen Diagonalkniebeugen begonnen. Dabei wurde zum Schwungholen zuerst ein Rückwärtsschritt vollzogen, um sich von dort explosiv nach vorne abzustößen. Auf den schnellen Ausfallschritt folgte ein zweiter kraftvoller Vorwärtsschritt. Die gesamte Bewegung wurde während eines Impulses vollzogen.

Als Schussübung wurden Aushol- und Schussbewegung der Spielseite mit einem Nachstellschritt ausgeführt. Zur Sprungvorbereitung folgte eine Kombination aus Streck- und Hocksprung während des Stromimpulses. Im Trainingsabschnitt für Maximal- und Schnellkraft sollten die Teilnehmer eine Verknüpfung von 10 High Skips, einer Hocke und einem Hocksprung über ihren Schläger verrichten. Nach zwei Minuten wurde für mehrere Einheiten schneller Squats unterbrochen, um daraufhin zur vorherigen Übung zurückzukehren. Der Abstand des Schlägers zum Boden wurde peu á peu erhöht. Letztendlich wurde ein Rückwärtsstütz mit alternierendem Beinheben absolviert.

8	Plyometrische Diagonalkniebeuge (Rückschritt, Vorwärtsschritt) = 4'	Aushol- + Schussbewegung mit Schritt = 4'	Streck- + Hocksprung = 2'	- High Skips, Hocke, Hocksprung über Schläger - schnelle Squats = 6'	Stütz rückwärts abw. Bein heben = 2'
---	--	--	------------------------------	--	---

Tabelle 9 EMS-Trainingsplan, Woche 9

## Woche 10

In die Sprintsimulation wurde mit einem Rückwärtsschwungsschritt aus dem Stand und zwei anschließenden explosiven diagonalen Sprungschritten nach vorne gestartet. Die Arme sollten dabei, dem Sprint ähnelnd, schwingvoll an der Seite mitgenommen werden. Das Schusstraining verlief wie in der Vorwoche. Zum Training der Sprungleistung sollte während eines Impulses ein Hocksprung von einem Turnhallenkasten herunter und ein zweiter Hocksprung über eine mittelhohe Hantelbank durchgeführt werden. Als Verbesserung der Maximal- und Schnellkraft wurden drei schnelle Kniebeugen und einen anschließenden Sprung über ein Hindernis trainiert. Das Hindernis bestand aus einer Konstruktion des eigenen Schlägers zwischen zwei Hallenkästen. Zwischendurch absolvierten die Probanden eine zweiminütige Bauchroutine bestehend aus „Pinguin“ und „Pyramide“. Bei der Pinguinübung legt sich der Sportler auf den Rücken und stellt die Beine, in schulterbreitem Abstand abgewinkelt, so nah wie möglich am Gesäß ab. Die Schultern werden von der Unterlage abgehoben. Nun sollen seitliche Rumpfbewegungen ausgeführt werden, um bei gestreckten Armen mit den Händen abwechselnd die kontralaterale Ferse zu berühren. Für den Russian Twist wird ein V-Sitz ausgeführt. Dabei setzt sich der Sportler, neigt den Oberkörper nach hinten und hebt seine Beine. Die Kniegelenke sollten flektiert werden. Nun werden kontrollierte Oberkörper-Rotationen zu beiden Seiten durchgeführt und mit übereinandergeschlagenen Händen abwechselnd der Boden berührt. Nach Ablauf der zwei Minuten, wird die vorherige Übung fortgeführt. Abgeschlossen wurde die Sporteinheit mit einem Vorwärtsunterarmstütz. Dabei sollten Ellenbogen und kontralaterales Knie alternierend und diagonal unter dem Rumpf zusammengeführt werden. Nach 20 Wiederholungen wurden die Sportler aufgefordert jeweils zehn zügige ‚Mountain Climbers‘ pro Seite zu absolvieren. Bei diesen sogenannten Bergsteigern wurden im hohen Stütz die Knie abwechselnd mit flotten Bewegungen vorwärts Richtung ipsilateralem Ellenbogen befördert.

8	Rückw. Schwung holen, 2 explosive diagonale Schritte nach vorne = 4'	- = 4'	Hocksprung von Kasten, zweiter Hocksprung über Hindernis = 2'	- 3x schnelle Squats, über Schläger springen - Pinguin, Russian Twist = 6'	Stütz vorwärts diagonal EB und Knie zsm.führen + Mountains = 2'
---	---	-----------	--	--	--

Tabelle 10 EMS-Trainingsplan, Woche 10

## Woche 11

Die Sprintübung wurde mit drei plyometrischen Diagonalschrittsprüngen gestartet. Das Startbein wurde jeweils abgewechselt. Zur Simulation des Schlagschusses wurden mehrere Kombinationen aus Aushol-, Schussbewegung und begleitendem Schrittmuster durchgeführt. Die explosive Ausführung dieser Übung war mit genügend Pausen durchsetzt. Die Sportler hielten den Schläger im Spielgriff.

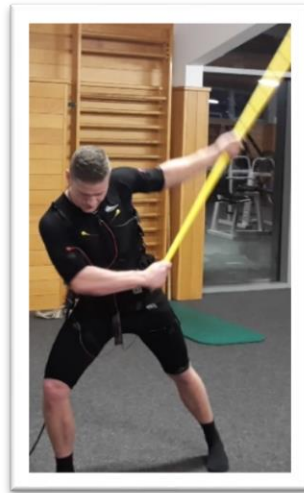


Abbildung 25 Proband während EMS-Schusstraining

Für das Sprungtraining folgte eine Reihe von CMJs über eine Hantelbank als Hindernis. Im Isokinetikmodul wurde eine Kombination aus drei schnellen Squats mit Hocksprung ausgeführt. Nach drei Runden wurde jeweils eine Pause der Länge von ein bis zwei Stromimpulsen eingelegt. Nach zwei Minuten wurde für zweiminütige Seit-zu-Seit Läufe mit ‚Tap the floor‘ unterbrochen. Dabei absolvierten die Teilnehmer zwei schnelle Nachstellschritte, um daraufhin kurz den Boden nahe der Ferse des jeweils äußeren Beines mit der kontralateralen Hand zu berühren. Abschließend wurden beide Seitstütz trainiert und währenddessen der freie Arm und das freie Bein abwechselnd über oben und vorne jeweils fünfmal zusammengeführt.

8	3 plyometrische Diagonal-schrittsprünge = 4'	Explosive Aushol-, Schussbewegun-gen Spielhand = 4'	CMJ über Hindernis = 2'	- 3 schnelle Squats, Hocksprung – Seit-zu-Seit Lauf mit ‚Tap the floor‘ = 6'	Seitstütz Arm, Bein abw. über oben, vorne jwls 5x zsm.führen = 2'
---	---	--	----------------------------	--	--

Tabelle 11 EMS-Trainingsplan, Woche 11

## Woche 12

Die Sprintsimulation begann mit zwei weiten plyometrischen schrägen Sprintschritten und anschließendem Hocksprung. Für das Training der Schussfertigkeiten folgten zwei explosive Schlagschussbewegungen mit nachkommender Pause. Zur Sprungvorbereitung sollten die Eishockeyspieler zwei aufeinanderfolgende Counter Movement Jumps und anschließender Pause ausführen.

Als Maximal- und Schnellkrafttraining schlossen sich ‚alternating lunge jumps‘ an, im Zuge derer die Teilnehmer kraftvoll zwischen den Ausfallschritten beider Seiten hin und her wechselten. Wie in Woche 11 wurde die Isokinetikübung für zwei Minuten unterbrochen, um Seit-zu-Seit Läufe mit ‚Tap the floor‘ zu vollziehen, allerdings diesmal mit nachfolgendem Hocksprung.

Das Ende der 12-wöchigen EMS-Routine stellte ein Stütz rückwärts mit fünfmaligem Beinheben dar, wobei davon jeweils fünf Wiederholungen nach oben und zur Seite ausgeführt werden sollten.

8	2 weite plyometrische schräge Sprintschritte, Hocksprung = 4'	2x explosive Schüsse = 3'	2x CMJ = 3'	- alternating lunge jumps - Seit-zu-Seit Lauf mit Hocksprung = 6'	Rückstütz mit Beinheben = 2'
---	--	------------------------------	----------------	---	---------------------------------

Tabelle 12 EMS-Trainingsplan, Woche 12

## Trainingsplanung

GK-EMS-Training bedarf entsprechend dem vergleichbaren Maximalkrafttraining ausreichender Erholung. Zu starke Belastung und Ermüdung der Muskulatur hätten negative Auswirkungen auf den Trainingseffekt. Der EMS-Belastungsreiz sollte deswegen nach Abschluss der Erholungsphase nach einer Wettkampfsituation, aber mit ausreichendem Abstand vor der nächsten Wettkampfsituation stattfinden. Aus Gründen der Regenerationsförderung sollten die Teilnehmer außerdem am Folgetag eine Sportpause einhalten oder regeneratives Ausdauertraining betreiben. Die EMS-Einheiten mussten dementsprechend in Bezug auf den Spiel- und Trainingsplan der Probanden sowie auf die Messzeiträume koordiniert werden.

### 4.5 Messung

Die Messtermine wurden im Einklang mit dem Spiel- und Trainingsplan der Testpersonen generiert und zusätzlich in ausreichendem Abstand zur letzten EMS-Einheit gelegt, um gleichwertige physiologische Ausgangsbedingungen für alle Spieler zu schaffen.

#### 4.5.1 Zeitpunkte

Periode 1 der Untersuchung wurde mit der ersten Testung zum Zeitpunkt **T1** eröffnet. Das Ergebnis entsprach dem Baseline-Wert der Interventionsstudie. Die Versuchsreihe wurde mit dem Ausfüllen der Formulare fortgesetzt (Anamnesebogen, Basisuntersuchung, subjektiver Fragebogen, Einverständniserklärung). Nach Überprüfung von Ein- und Ausschlusskriterien, Aufklärung zur Studie, Einwilligung zu dieser und Erhebung der demografischen Daten, wurden die im Studienprotokoll festgelegten Messungen durchgeführt. Nach der randomisierten Aufteilung in die beiden Gruppen, wurden die Probanden der Gruppe A in das neue Trainingskonzept eingewiesen. Nach einer sechs-wöchigen Trainingsphase mit Elektromuskelstimulation der Gruppe A und ausschließlichem Eishockeytraining der Kontrollgruppe B, fand die zweite Erhebung der Messdaten **T2** statt. Eine erneute Testung aller Einflussgrößen erfolgte zum Zeitpunkt **T3** nach 12 Wochen und entsprach der EMS-Abschlussvisite von Gruppe A und der Abschlussvisite des alleinigen konservativen Trainings von Gruppe B. Bei Endmessung **T4** des ersten Durchgangs nach 16 Wochen, respektive vier Wochen nach Abschluss der ersten EMS-Trainingsroutine, fand eine Follow-up-Erfassung sämtlicher Parameterdaten und Fragebögen statt.

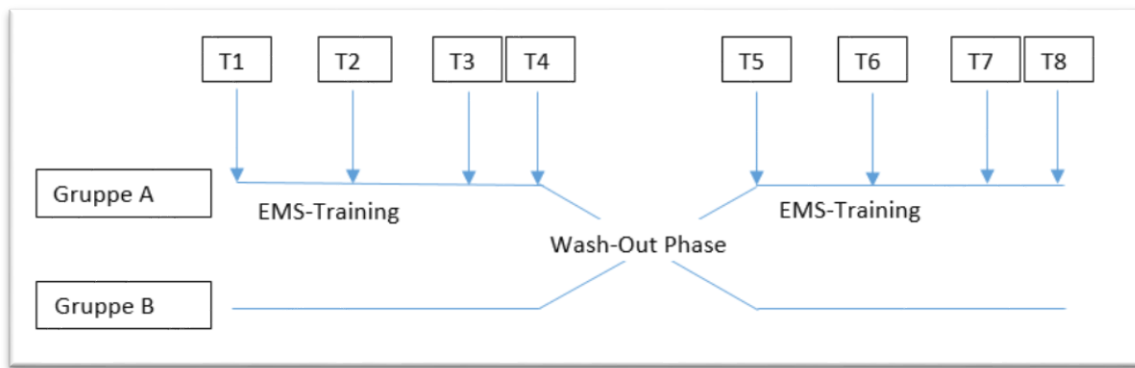


Abbildung 26 Studiendesign

In Periode 2 der Studie wurden, nach einer Auswaschphase von 3 Monaten, die Messungen **T 5-8** analog zum Verfahren des ersten Durchgangs abgehalten, jedoch Cross-Over. Die Messwerte von T5 entsprachen den Baseline-Werten 2 und waren für Gruppe A nach genügendem Pausenabschnitt als Wash-Out-Werte anzusehen.

Periode 1 erstreckte sich über die zweite Hälfte der Eishockeysaison bis zu deren Ende. Der Nachschaltwert an T4 wurde kurze Zeit nach Saisonende, bereits in der Hockeypause abgenommen. Studienperiode 2 begann zum Sommertraining. Die EMS-Intervention endete zu Beginn der Eishockeysaison. Der Nachschaltwert 2 an T8 wurde kurz nach Beginn dieser erhoben.

#### 4.5.2 Ablauf

Die durchschnittliche Schussgeschwindigkeit wurde in drei Durchgängen mit einer Entfernung von 10 m vom Tor, dementsprechend 10,5 m von der Radaranlage ermittelt. Dabei sollte möglichst frontal auf den Radarsensor geschossen werden, um in den optimalen Detektionsbereich zu gelangen. Die Spieler schossen bei allen Messungen aus der gleichen Position heraus.



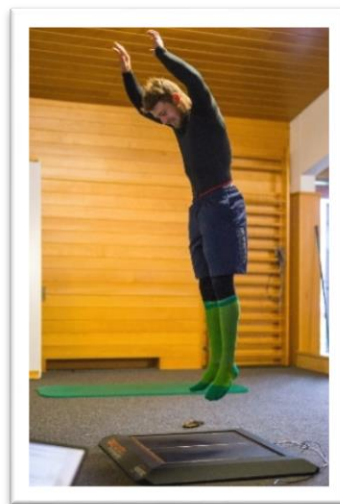
Abbildung 27 Schussgeschwindigkeit-Messung

Anschließend erfolgte die Abnahme der Sprintzeit. Die Probanden liefen jeweils dreimal durch die Lichtschranke. Nach einer kurzen definierten Anlaufstrecke bemaß die Sprintdistanz mit Lichtmessung 10 m.



*Abbildung 28 Sprintzeit-Messung*

Die Sprungdiagnostik beinhaltete drei Versuche des Counter-Movement-Jumps auf der Kraftmessplatte. In Bezug auf die Durchführung entschieden sich die Teilnehmer Armschwingen zu inkludieren. Zur Datenspeicherung wurden die Leonardo Mechanography v4.3 Software verwendet.



*Abbildung 29 Sprungleistungsdiagnostik*

Die Isokinetik-Messung erfolgte im Fitness- und Reha-Zentrum *Aktiva Medici (Prien am Chiemsee, Deutschland)*. Nach einem 5-10 minütigen Aufwärmen auf dem Fahrrad- oder Laufbandergometer fand erst eine Proberunde statt, der sich der eigentliche Testdurchgang anschloss. Für die Schnellkrafttestung waren fünf Wiederholungen erforderlich, für die anschließende Maximalkraftmessung sollten vier Durchgänge absolviert werden.





Abbildung 30 Maximal- und Schnellkrafttestung

#### 4.5.3 Aufbau

Das Radar wurde 0,5 m hinter dem Tor platziert, auf einer Höhe von ca. 50 cm. Die Anzeige wurde in ausreichendem Sicherheitsabstand zum Tor aufgebaut, um Kollisionen mit dem Puck zu vermeiden. Markierklötze steckten die 10 m-Entfernung zum Tor ab.



Abbildung 31 Aufbau Radaranlage

Das zweite Sensor-Reflektor-Paar der Lichtschranke wurde mittig, mit einem Abstand von vier Metern voneinander, über der Blauen Linie angebracht. Von dort wurde die 10 m Sprintdistanz mit einem Maßband Richtung kurzer Bandenseite abgemessen und das erste Sensor-Reflektor-Paar platziert. Der Anlauf fand ab der Roten Grundlinie statt.



Abbildung 32 Aufbau Lichtschranke: Erstes Sensor-Reflektor-Paar

Zur Isokinetikmessung im *IsoMed 2000* wurden die Teilnehmer im Messgerät fixiert. Der Trainingsadapter war mit dem Dynamometer über einen Schwenkarm verbunden. Zwei seitliche Griffe schafften während der dynamischen Untersuchung eine stabile Position der Testperson im Gerät. Die Teilnehmer hatten zu jeder Zeit Sicht auf einen Bildschirm mit Kurvenanzeige und Zeitangabe.



Abbildung 33 IsoMed2000 Illustration [94]

Die Montage und Platzierung der Sprungplatte erfolgte auf einer ebenen Fläche im vereinseigenen Kraftraum. Durch Stellschrauben konnte die Kraftmessplatte waagrecht ausgerichtet werden.

#### 4.6 Statistische Methodik

Innerhalb der statistischen Planung wurden Werteschätzung und Fallzahlberechnung anhand der Arbeit anderer Arbeitsgruppen und Fragestellungen vorgenommen, da noch keine Erfahrungen und Daten zur Variabilität der Werte und möglicher Interventionseffekte vorliegen. Aus *Electrostimulation Training Effects on the Physical Performance of Ice Hockey Players* von Brocherie et al. [74] wurden die Richtwerte für Sprintzeit, Sprunghöhe, Maximal- und Schnellkraft entnommen. Die maximale Schussgeschwindigkeit beim Schlagschuss wurde anhand die Arbeit von Villaseñor et al. festgelegt [95]. Schätzwerte der maximalen Sprungleistung entstammen einer Ballsportartstudie von Malatesta et al. [61]. Für eine Power von 90% wurde eine Fallzahl von mindestens 25 Teilnehmer ermittelt. Zur Berechnung aller Größen wurden deskriptive Verfahren, insbesondere Mittelwert und Standardabweichung, verwendet. Jede Variable, die bei der Testung drei Versuchen unterlag, wurde als Mittelwert genormt. Unrealistische Werte oder Fehler wurden aus der Berechnung entfernt. Die Entwicklung der Parameter wird als Mittelwert beschrieben, da zur Berechnung der Standardabweichung sämtliche Werte jedes einzelnen Spielers erforderlich sind, jedoch nicht bei jeder Messung die exakt gleiche Konstellation an Teilnehmern vorlag (krankheitsbedingte Ausfälle etc.).

Die Vergleiche zur Prüfung gesicherter Unterschiede fanden als einseitige t-Tests für unverbundene Stichproben Anwendung. Eine Normalverteilung der Werte wurde angenommen. Bei Datenauswertung und Interpretation wurden für das globale Signifikanzniveau 5% gewählt. Eine Power von 90% wurde veranschlagt. P-Werte  $\leq 0,001$  sollen als höchstsignifikant,  $p \leq 0,005$  als hochsignifikant,  $p \leq 0,05$  als signifikant und Werte  $> 0,05$  als nicht signifikant gelten. Die statistische Betreuung erfolgte durch Herrn Dr. rer. biol. hum. Lauseker, vom Institut für Medizinische Informationsverarbeitung, Biometrie und Epidemiologie der LMU München. Alle statistischen Methoden wurden mit der SPSS Software durchgeführt.

## 5. Ergebnisse

Im Folgenden werden die Unterschiede innerhalb der Trainingsgruppen beschrieben und relevante Leistungsunterschiede hinsichtlich der Ligazugehörigkeit erörtert. Es wird die Bedeutung der Nachschaltwerte geklärt und schlussendlich die Ergebnisse der Fragebogenauswertung demonstriert.

### 5.1 Parameterauswertung

Die Werte verletzter oder kranker Spieler wurden aus Validitätsgründen nicht in die Datenauswertung einbezogen. Da außerplanmäßig wenig Teilnehmer an der Hallenmessung T6 (Schuss-, Sprint- und Sprungtestung) teilnehmen konnten, gilt diese Messung nicht als repräsentativ.

#### 5.1.1 Sprungleistung

Zum Ausschluss von Überhangeffekten wurde ein Vorschalttest durchgeführt mit  $p = 0,077$ . Der Vorschalttest wurde als t-Test für unverbundene Stichproben mit der Summe aus den beiden Mittelwert-Differenzen zwischen Outcome-Wert und Baseline-Wert jeder Periode erledigt.

$$(T3 \text{ MW} - T1 \text{ MW}) + (T7 \text{ MW} - T5 \text{ MW})$$

Test bei unabhängigen Stichproben									
		Levene-Test der Varianzgleichheit		T-Test für die Mittelwertgleichheit					
		F	Signifikanz	T	df	Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz	Standardfehler der Differenz	95% Konfidenzintervall der Differenz
									Untere      Obere
Vorschalttest Sprungleistung (T3-T1) + (T7-T5)	Varianzen sind gleich	3,568	,077	-,060	16	,953	-,01179	,19615	-,42761      ,40402
	Varianzen sind nicht gleich			-,065	13,416	,949	-,01179	,18208	-,40391      ,38032

Tabelle 13 Sprungleistung: Vorschalttest

Da sich im Vorschalttest kein Vorliegen von Überhangeffekten zeigte, musste für die Sprungleistung der t-Test für unverbundene Stichproben analysiert werden. Der Test auf Unterschiedlichkeit der Behandlungseffekte ergab eine signifikante Verbesserung der Sprungleistung. Der p-Wert wurde halbiert, da in der Studienplanung ein einseitiger t-Test gefordert wurde:  $p\text{-Wert} = 0,0425$ . Der Test auf Unterschiedlichkeit wurde mit der Differenz aus den jeweiligen Mittelwert-Differenzen zwischen Outcome-Wert und Baseline-Wert der beiden Periode berechnet.

$$(T3 \text{ MW} - T1 \text{ MW}) - (T7 \text{ MW} - T5 \text{ MW})$$

Test bei unabhängigen Stichproben									
		Levene-Test der Varianzgleichheit		T-Test für die Mittelwertgleichheit					
		F	Signifikanz	T	df	Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz	Standardfehler der Differenz	95% Konfidenzintervall der Differenz
									Untere      Obere
t-Test Sprungleistung (T3-T1) - (T7-T5)	Varianzen sind gleich	,285	,601	1,839	16	,085	,30679	,16680	-,04681      ,66039
	Varianzen sind nicht gleich			1,898	15,982	,076	,30679	,16167	-,03597      ,64955

Tabelle 14 Sprungleistung: t-Test für unverbundene Stichproben

Der p-Wert für die Sprungleistung lag unterhalb des festgelegten Signifikanzniveaus mit:  $\alpha < 5\%$ . Daraus lassen sich signifikante Unterschiede in der Sprungleistung unter EMS-Training im Vergleich zum alleinigen Eishockeytraining ableiten. Es existiert kein Hinweis auf relevante Carry-Over-Effekte.

**Gruppe A** steigerte in Periode 1 die Sprungleistung um durchschnittlich 251,5 W (+ 5,9 %) und verringerte diese in Periode 2 um 83,5 kW. In Periode 1 verlor **Gruppe B** 155,3 W an Sprungleistung.

Die Teilnehmer steigerten die Sprungleistung in Periode 2 um 168,5 W (+ 4,4 %) (Tab. 16). Tab. 15 präsentiert jeweils die Mittelwerte beider Gruppen zu jedem Testzeitpunkt. Farbige Umrandungen markieren die relevanten Daten hinsichtlich der Wirksamkeitsauswertung der Elektromyostimulation.

Daten der Sprungleistungsauswertung									
Gruppeneinteilung		T1 (BL): Sprungleistung g [kW]	T2: Sprungleistung g [kW]	T3 (OC): Sprungleistung g [kW]	T4: Sprungleistung g [kW]	T5 (BL2): Sprungleistung g [kW]	T6: Sprungleistung g [kW]	T7(OC2): Sprungleistung g [kW]	T8: Sprungleistung g [kW]
Gruppe A	Mittelwert	4,2611	4,3653	4,5126	4,5412	4,6140	4,4219	4,5305	4,4005
	Std.-Abweichung	,83942	,75430	,69510	,74838	,69817	,87115	,79640	,78953
Gruppe B	Mittelwert	3,9715	3,9887	3,8162	3,6720	3,8723	3,6770	4,0408	4,0500
	Std.-Abweichung	,68473	,71480	,50222	,55102	,60706	,46880	,52314	,62292
Insgesamt	Mittelwert	4,1163	4,1905	4,1644	4,1587	4,3050	4,0833	4,2856	4,2323
	Std.-Abweichung	,76361	,74745	,69218	,78982	,74783	,79740	,70367	,72213

Tabelle 15 Daten der Sprungleistungsauswertung

Beide Gruppen konnten im EMS-Abschnitt die Steigerung von + 4 W, die im Studienprotokoll als relevanter Unterschied definiert wurde, erreichen. Die durchschnittliche Sprungleistungssteigerung der beiden Gruppen beträgt 210 W und 5,15 % des Ausgangswertes. Spieler der Gruppe A wiesen durchschnittlich größere Effekte auf als Probanden der Gruppe B.

Relevanter Testzeitraum	Verbesserung der CMJ- Sprungleistung	Prozentuale Steigerung
Gruppe A in Periode 1	+ 251,5 W	+ 5,9 %
Gruppe B in Periode 2	+ 168,5 W	+ 4,4 %

Tabelle 16 Mittlere Entwicklung der Sprungleistung (Gruppe A 251,5 W; +5,9 % und Gruppe B +168,5 W ;+ 4,4 %)

Abb. 34 zeigt die Entwicklung der Sprungleistung im Verlauf der Studie. Der Beginn des EMS-Trainings ist für sämtliche anreihende Diagramme mit einer Blitzfigur gekennzeichnet. Ein farbiger Balken trennt die Interventionszeiträume der beiden Gruppen. Periode A besteht aus den Messzeitpunkten T1-T4, Periode 2 setzt sich aus den Testungen T5-T8 zusammen.

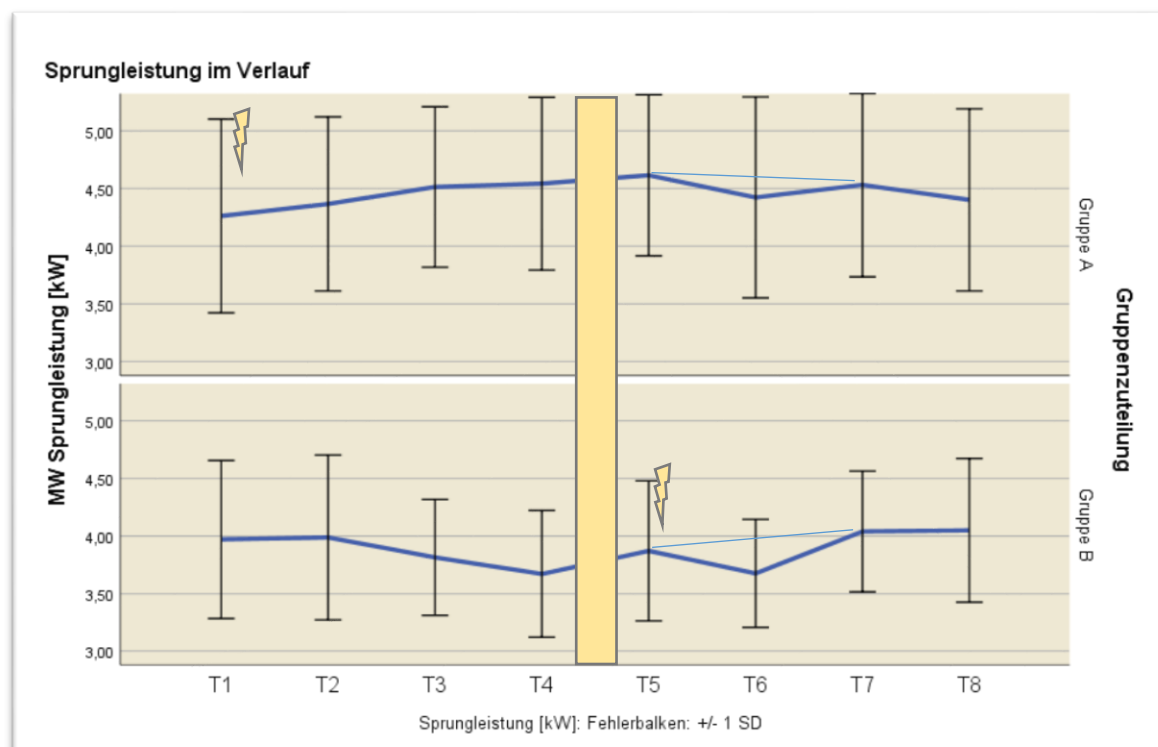


Abbildung 34 Signifikante Sprungleistungsverbesserung in Gruppe A - Periode 1 von 4,26 W an T1 auf 4,51 W an T3 und Gruppe B - Periode 2 von 3,87 W an T5 auf 4,04 W an T7, im Vergleich zur jeweils anderen Testgruppe (p-Wert 0,0425)

Um die Entwicklung der Sprungleistung innerhalb der Gruppen zu zeigen, wird auf die Darstellung mittels Box Plots zurückgegriffen. Messungen im Zuge einer EMS-Periode sind im Folgenden blau markiert und mit einer Blitzfigur gekennzeichnet, exklusives Eishockeytraining wird mit grauen Boxen gezeigt.

**Gruppe A** verzeichnete eine signifikante Steigerung der Sprungleistung von Testung T1 zu Testung T3. In der zweiten Periode der Studie, mit ausschließlichem Eishockeytraining, lässt sich für Probanden der Gruppe A ein Verlust der CMJ-Leistung ablesen.

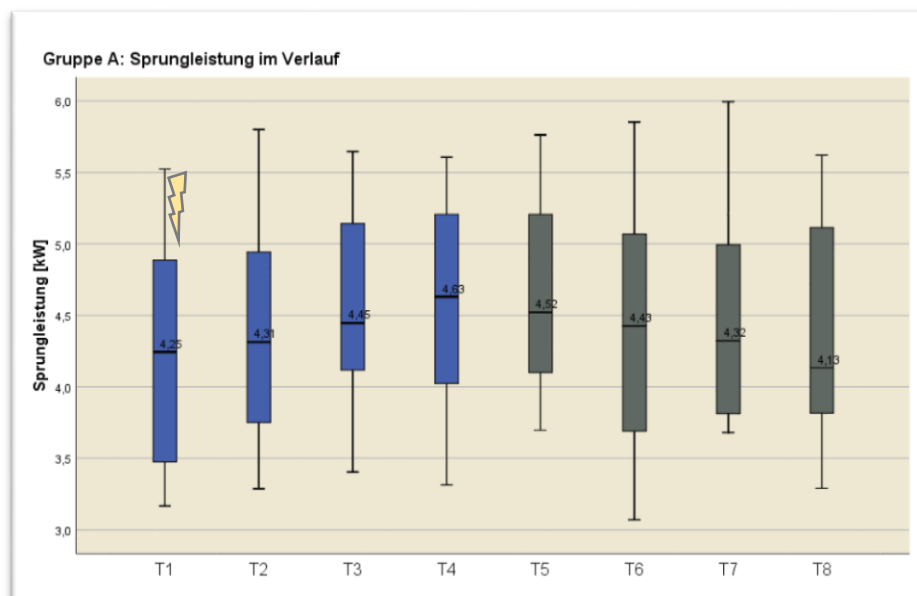


Abbildung 35 Signifikante Zunahme der Sprungleistung der Gruppe A in Periode 1 von 4,26 W an T1 auf 4,51 W an T3

**Gruppe B** zeigte in der Phase ausschließlichen Eishockeytrainings eine sukzessive Reduktion der Sprungleistung. Während des EMS-Trainings stieg die Sprungleistung signifikant an.

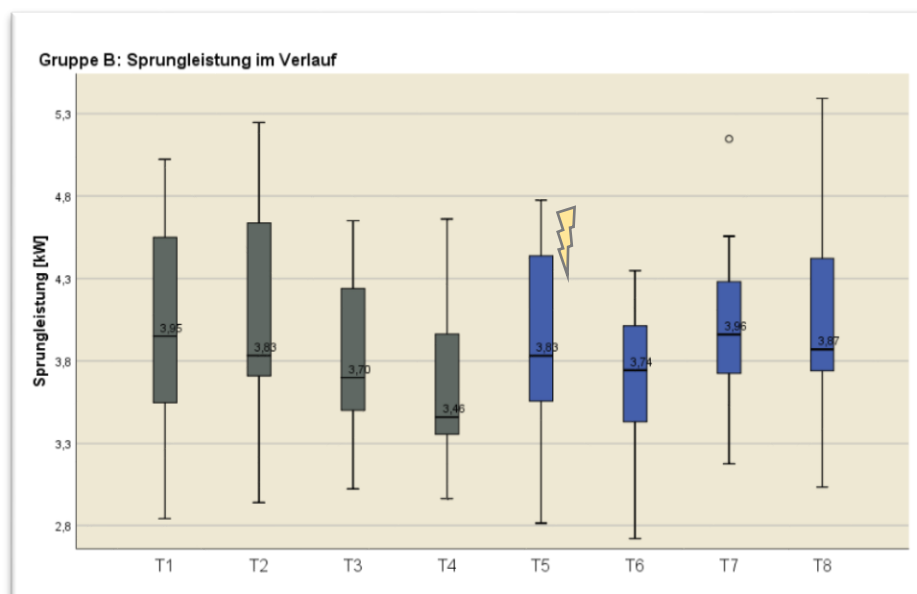


Abbildung 36 Signifikante Zunahme der Sprungleistung der Gruppe B in Periode 2 von 3,87 W an T5 auf 4,04 W an T7

### 5.1.2 Sprintzeit

Die Berechnung aller nachfolgenden Parametertests für die primären Zielgrößen erfolgte analog zur Sprungleistungsauswertung (3.1.1). Der Vorschalttest ergab einen p-Wert von  $p = 0,845$  und schlussfolgernd keinen Hinweis auf relevante Carry-Over-Effekte.

Vorschalttest: Test bei unabhängigen Stichproben									
		Levene-Test der Varianzgleichheit		T-Test für die Mittelwertgleichheit					
		F	Signifikanz	T	df	Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz	Standardfehler der Differenz	95% Konfidenzintervall der Differenz
									Untere      Obere
Vorschalttest Sprintzeit (T3-T1) + (T7-T5)	Varianzen sind gleich	,039	,845	-,223	17	,826	-,00769	,03448	-,08044    ,06506
	Varianzen sind nicht gleich			-,222	16,447	,827	-,00769	,03462	-,08093    ,06554

Tabelle 17 Sprintzeit: Vorschalttest

Der Vorschalttest ließ keinen Rückschluss auf Überhangeffekte zu, woraufhin für die Sprintzeit der t-Test für unverbundene Stichproben analysiert werden musste. Im t-Test auf Unterschiedlichkeit ergab sich für die Cross-Over Auswertung der beiden Gruppen ein p-Wert von  $p = 0,0185$ . Auch hier wurde der p-Wert halbiert, um den geforderten einseitigen p-Wert zu erhalten.

Test bei unabhängigen Stichproben									
		Levene-Test der Varianzgleichheit		T-Test für die Mittelwertgleichheit					
		F	Signifikanz	T	df	Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz	Standardfehler der Differenz	95% Konfidenzintervall der Differenz
									Untere      Obere
t-Test Sprintzeit (T3-T1) - (T7-T5)	Varianzen sind gleich	,082	,779	-2,268	17	,037	-,06164	,02717	-,11897    -,00431
	Varianzen sind nicht gleich			-2,264	16,624	,037	-,06164	,02723	-,11919    -,00409

Tabelle 18 Sprintzeit: t-Test für unverbundene Stichproben

Das Ergebnis befand sich unterhalb des geforderten Signifikanzniveaus von 5%. Daraus ergibt sich eine signifikante Entwicklung der Sprintzeitwerte.

**Gruppe A** Spieler reduzierten während ihrer GK-EMS-Phase die 10 m-Sprintzeit im Mittel um 0,1 s (- 6,3 %). In Periode 2 ergab sich eine Sprintzeitzunahme von 0,02 s. Die Teilnehmer der **Gruppe B** konnten ihre Sprintzeit in beiden Perioden senken. Die 10 m-Strecke wurde in Periode 1 um 0,03 s schneller zurückgelegt. In der Interventionsperiode 2 zeigten Sie eine Abnahme der Sprintdauer um 0,05 s (- 3,7 %) (Tab. 20). Tab. 19 fasst alle Mittelwerte für beide Versuchsgruppen zu sämtlichen Testzeitpunkten in der Sprintauswertung zusammen.

Daten der Sprintzeitauswertung									
Gruppeneinteilung		T1 (BL): 10m-Sprintzeit [s]	T2: 10m-Sprintzeit [s]	T3 (OC): 10m-Sprintzeit [s]	T4: 10m-Sprintzeit [s]	T5 (BL2): 10m-Sprintzeit [s]	T6: 10m-Sprintzeit [s]	T7(OC2): 10m-Sprintzeit [s]	T8: 10m-Sprintzeit [s]
Gruppe A	Mittelwert	1,5621	1,5410	1,4633	1,4662	1,5119	1,4861	1,5276	1,5190
	Std.-Abweichung	,08441	,14905	,10305	,12163	,09690	,05377	,09857	,13475
Gruppe B	Mittelwert	1,5036	1,4918	1,4785	1,5045	1,4694	1,4397	1,4156	1,4030
	Std.-Abweichung	,10996	,14169	,12492	,16081	,09348	,10804	,13014	,11415
Insgesamt	Mittelwert	1,5340	1,5182	1,4706	1,4831	1,4923	1,4571	1,4691	1,4658
	Std.-Abweichung	,10016	,14514	,11213	,13844	,09590	,09223	,12711	,13647

Tabelle 19 Daten der Sprintzeitauswertung

Nur Gruppe A konnte den zu zeigenden Unterschied von - 0,1 s, der im Protokoll als relevanter Unterschied definiert wurde, erreichen. Durchschnittlich verringerte sich die 10 m-Sprintzeit in beiden Gruppen um 0,08 s und damit 5 % der ursprünglichen Sprintdauer.

Relevanter Testzeitraum	Verbesserung der 10 m-Sprintzeit	Prozentuale Abnahme
Gruppe A in Periode 1	- 0,1 s	- 6,3 %
Gruppe B in Periode 2	- 0,05 s	- 3,7 %

Tabelle 20 Mittlere Entwicklung der Sprintzeit (Gruppe A -0,1s; -6,3 % und Gruppe B -0,05 s ; -3,7 %)

Abbildung 37 zeigt die signifikante Reduktion der 10 m-Sprintzeit beider Gruppen innerhalb der jeweiligen EMS-Abschnitte.

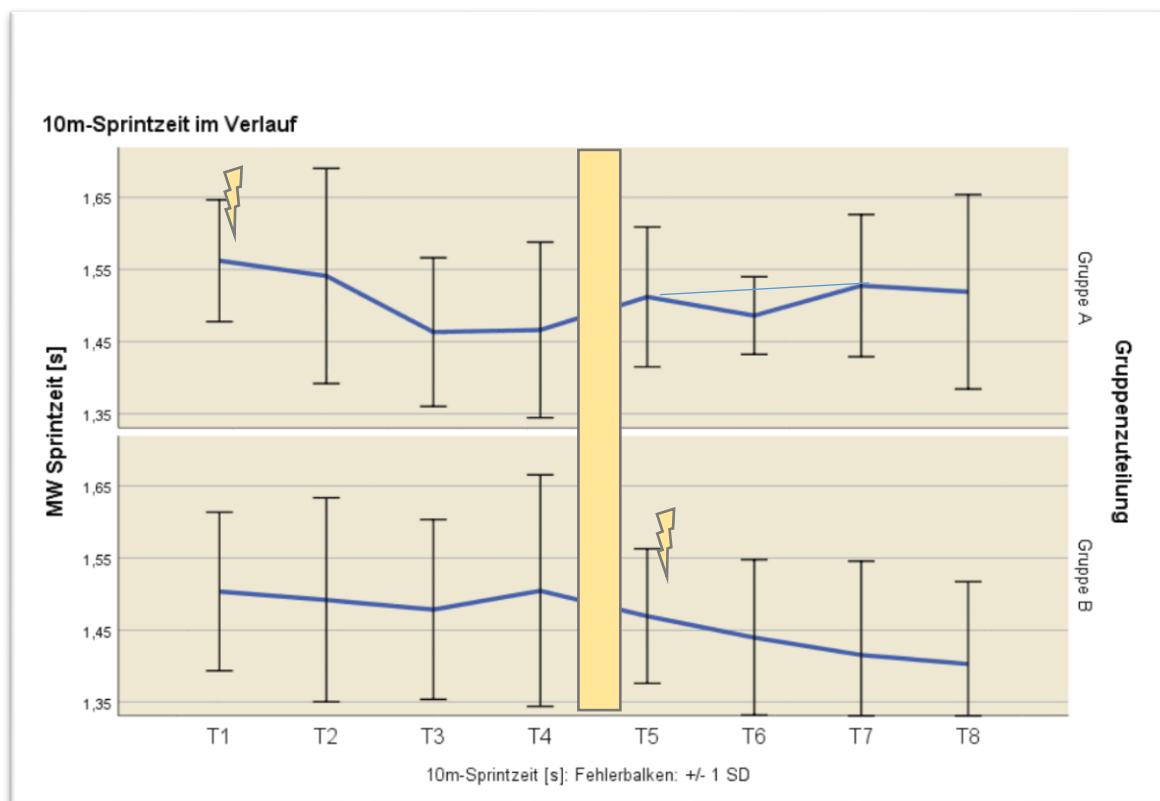


Abbildung 37 Signifikante Sprintzeitverbesserung in Gruppe A - Periode 1 von 1,56 s an T1 auf 1,46 s an T3 und Gruppe B - Periode 2 von 1,47 s an T5 auf 1,42 s an T7, im Vergleich zur jeweils anderen Testgruppe (p-Wert 0,0185)

**Gruppe A** wies nach der GK-EMS-Periode eine signifikant kürzere Dauer der 10 m- Sprintstrecke auf. In Periode 2 mit ausschließlichem Eishockeytraining zeigte sich eine Zunahme der Sprintzeit.

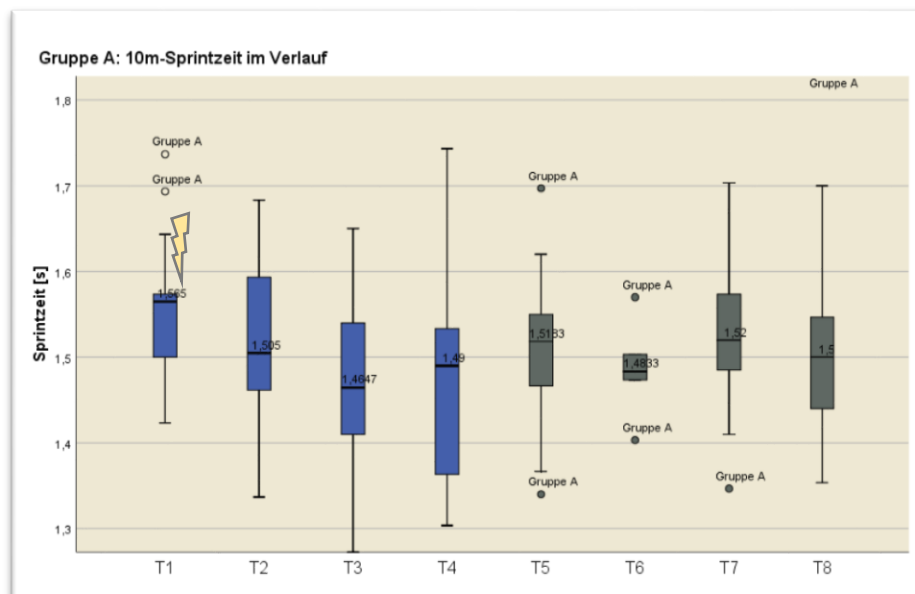


Abbildung 38 Signifikante Reduktion der Sprintzeit von Gruppe A in Periode 1 von 1,56 s an T1 auf 1,46 s an T3

Die Sprintzeit der **Gruppe B** Teilnehmer reduzierte sich in Periode 1. Im zweiten Abschnitt mit EMS-Intervention war eine signifikante Reduktion der 10 m Sprintzeit sichtbar.

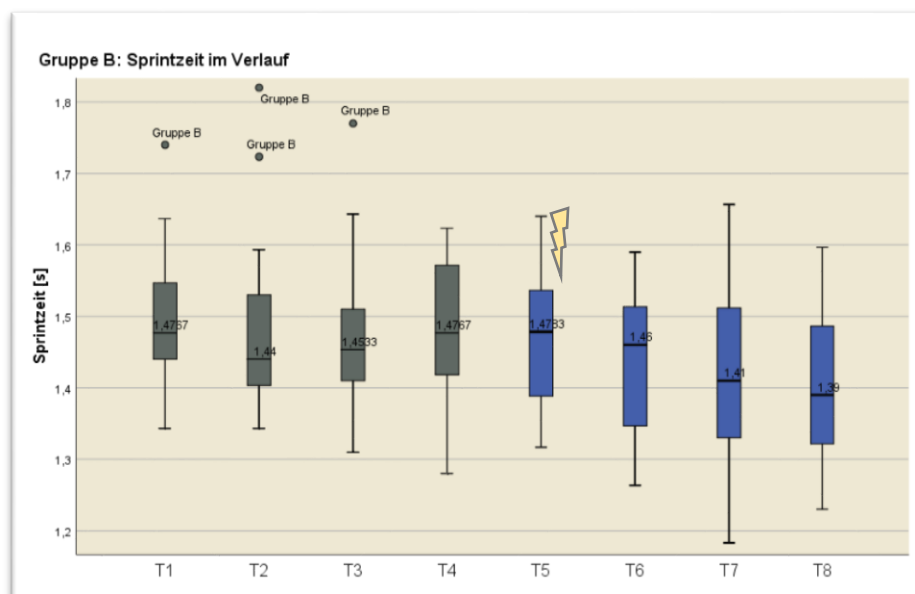


Abbildung 39 Signifikante Reduktion der Sprintzeit von Gruppe B in Periode 2 von 1,47 s an T5 auf 1,42 s an T7



### 5.1.3 Schussgeschwindigkeit

Der Vorschalttest ergab einen p-Wert von  $p = 0,484$  und damit keinen Hinweis auf relevante Carry-Over-Effekte. Damit war die Voraussetzung für die weitere Analyse mit einem t-Test für unverbundene Stichproben gegeben.

Vorschalttest: Test bei unabhängigen Stichproben									
		Levene-Test der Varianzgleichheit		T-Test für die Mittelwertgleichheit					
		F	Signifikanz	T	df	Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz	Standardfehler der Differenz	95% Konfidenzintervall der Differenz
Vorschalttest Schussgeschw (T3-T1) + (T7-T5)	Varianzen sind gleich	,511	,484	,241	19	,812	,94055	3,90589	-7,23458 9,11567
	Varianzen sind nicht gleich			,243	18,893	,811	,94055	3,87195	-7,16664 9,04773

Tabelle 21 Schussgeschwindigkeit: Vorschalttest

Im t-Test auf Unterschiedlichkeit der beiden Gruppen wurde ein p-Wert von  $p = 0,0135$  berechnet. Dieser p-Wert wurde ebenfalls aufgrund des geforderten einseitigen p-Wertes in der Statistik halbiert.

Test bei unabhängigen Stichproben									
		Levene-Test der Varianzgleichheit		T-Test für die Mittelwertgleichheit					
		F	Signifikanz	T	df	Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz	Standardfehler der Differenz	95% Konfidenzintervall der Differenz
t-Test Schussgeschw (T3-T1) - (T7-T5)	Varianzen sind gleich	1,749	,202	-2,392	19	,027	-8,67158	3,62462	-16,25800 -1,08515
	Varianzen sind nicht gleich			-2,446	16,875	,026	-8,67158	3,54457	-16,15419 -1,18896

Tabelle 22 Schussgeschwindigkeit: t-Test für unverbundene Stichproben

Aufgrund einer Irrtumswahrscheinlichkeit von  $\alpha < 5\%$ , ist von einem signifikanten Ergebnis bzgl. der Schussgeschwindigkeit auszugehen.

**Gruppe A** reduzierte die Schussgeschwindigkeit in Periode 1 um durchschnittlich 0,63 km/h ( $- 5,4 \times 10^{-3} \%$ ). Im Kontrollabschnitt steigerte sich die Geschwindigkeit beim Schlagschuss um 3,38 km/h. Die Schussgeschwindigkeit von **Gruppe B** schoss nach Periode 1 um 2,08 km/h schneller als zum Studienstart. Nach Periode 2 war ihre Schussgeschwindigkeit um 1,28 km/h reduziert ( $- 8,9 \times 10^{-3} \%$ ) (Tab. 24). Tab. 23 fasst alle Mittelwerte für beide Versuchsgruppen in der Schussgeschwindigkeitsauswertung zusammen.

Daten der Schussgeschwindigkeitsauswertung									
Gruppeneinteilung		T1 (BL): Schussgeschwindigkeit [km/h]	T2: Schussgeschwindigkeit [km/h]	T3 (OC): Schussgeschwindigkeit [km/h]	T4: Schussgeschwindigkeit [km/h]	T5 (BL2): Schussgeschwindigkeit [km/h]	T6: Schussgeschwindigkeit [km/h]	T7(OC2): Schussgeschwindigkeit [km/h]	T8: Schussgeschwindigkeit [km/h]
Gruppe A	Mittelwert	115,8513	115,4222	115,2222	115,1190	117,2857	118,78	120,6667	118,7692
	Std.-Abweichung	17,98045	15,73817	19,08073	18,34783	17,58683	13,167	21,28014	18,60525
Gruppe B	Mittelwert	104,3015	105,2051	106,3846	102,6364	112,8056	109,17	111,5278	113,1512
	Std.-Abweichung	16,95513	15,75362	15,97037	18,15088	16,68330	12,504	14,27964	14,18150
Insgesamt	Mittelwert	110,4889	110,6786	111,1190	109,6267	115,2179	112,77	115,8986	116,1943
	Std.-Abweichung	18,16069	16,29903	17,95220	18,96349	16,98495	13,217	18,15434	16,61988

Tabelle 23 Daten der Schussgeschwindigkeitsauswertung

Keine der beiden Gruppen konnte die Differenz von + 10 km/h, die im Protokoll als relevanter Unterschied definiert wurde, erreichen. Durchschnittlich verringerten Gruppe A und Gruppe B ihre Schussgeschwindigkeit um 0,95 km/h und somit um  $7,15 \times 10^{-3} \%$  zum Ausgangswert.

Relevanter Testzeitraum	Veränderung der Schussgeschwindigkeit	Prozentuale Veränderung
Gruppe A in Periode 1	- 0,63 km/h	- 5,4 x 10 <sup>-3</sup> %
Gruppe B in Periode 2	- 1,28 km/h	- 8,9 x 10 <sup>-3</sup> %

Tabelle 24 Mittlere Entwicklung der Schussgeschwindigkeit (Gruppe A -0,63 km/h; -5,4x 10<sup>-3</sup> % und Gruppe-B -1,28 km/h; -8,9x10<sup>-3</sup> %)

Abbildung 40 zeigt die Entwicklung der Schussgeschwindigkeit beider Gruppen.

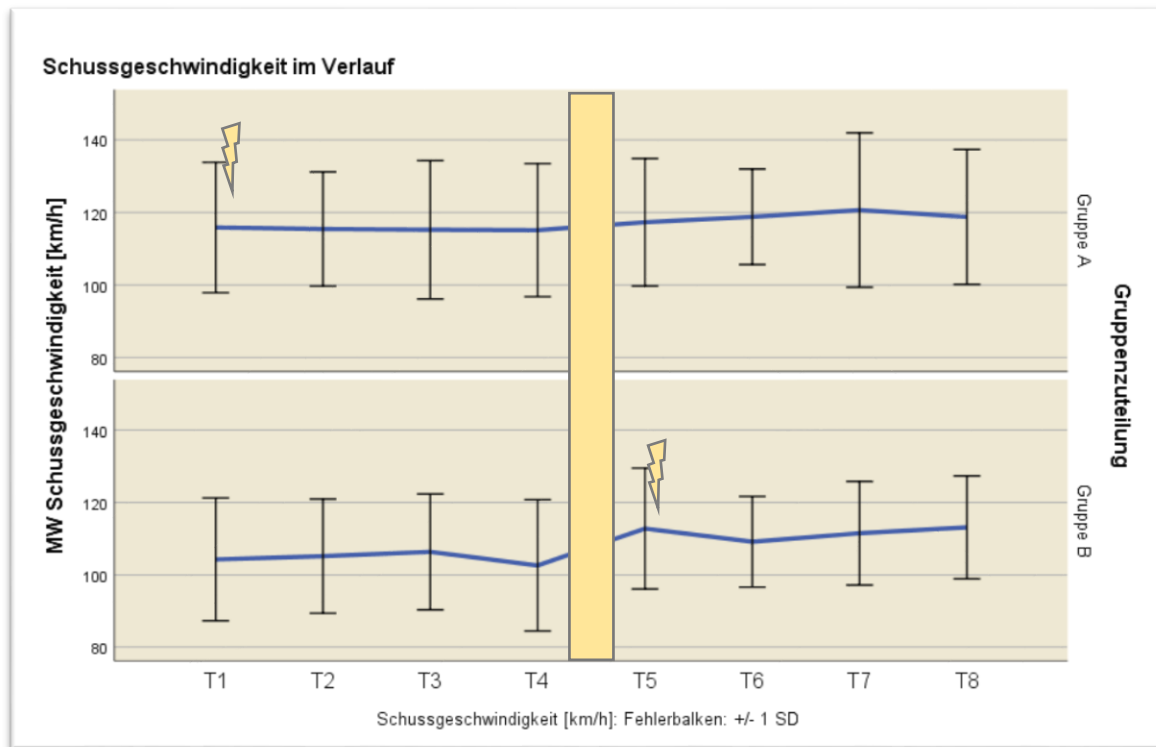


Abbildung 40 Entwicklung der Schussgeschwindigkeit beider Gruppen im Vergleich (p-Wert 0,0135)

Die Box-Plots der beiden Gruppen repräsentieren den Verlauf der Schussgeschwindigkeit während der Studie. Es bildete sich keine signifikante Steigerung aus.

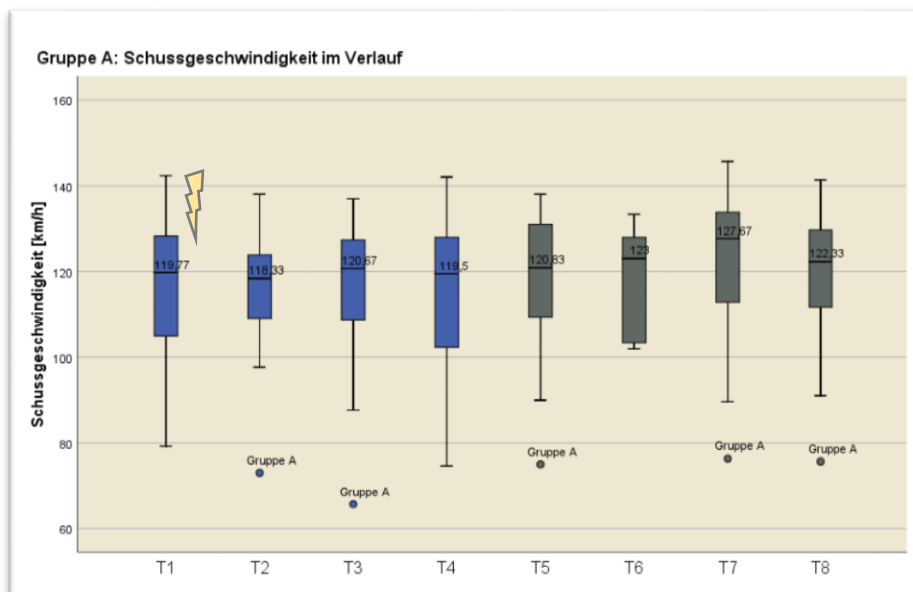


Abbildung 41 Entwicklung der Schussgeschwindigkeit von Gruppe A

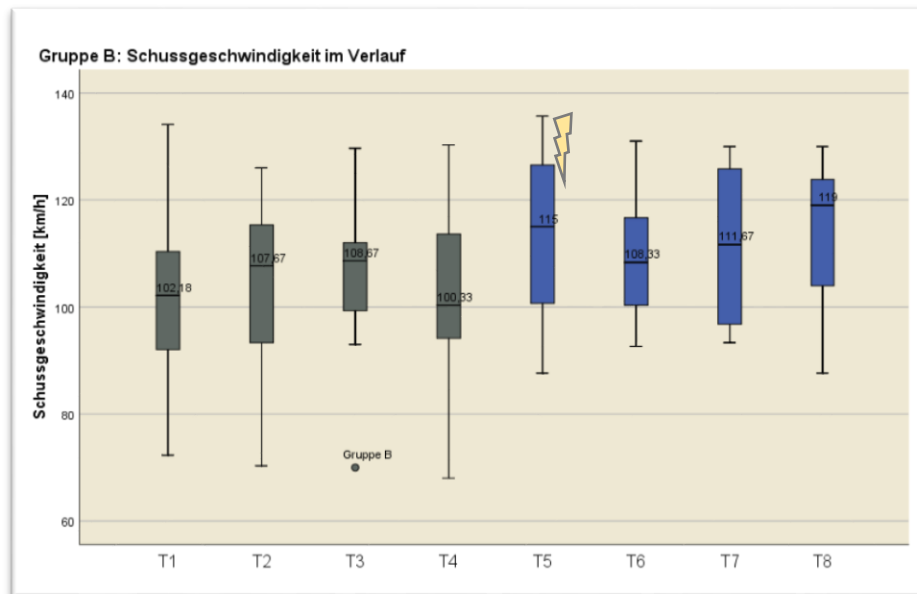


Abbildung 42 Entwicklung der Schussgeschwindigkeit von Gruppe B

#### 5.1.4 Schnellkraft (Maximale Winkelgeschwindigkeit bei 300°/s)

Der einfacheren Lesbarkeit halber wird das maximale Drehmoment bei 300°/s als „Schnellkraft“ bezeichnet.

Im Vorschalttest errechnete sich ein p-Wert von  $p = 0,497$ . Folglich war der t-Test auf Unterschiedlichkeit der beiden Gruppen zu analysieren. In der Auswertung ergab sich für den t-Test für unverbundene Stichproben ein halbiertes p-Wert von  $p = 0,017$ . Dieser lag unter dem Signifikanzniveau von  $\alpha < 5\%$  und gilt daher als signifikantes Ergebnis.

Vorschalttest und t-Test auf Unterschiedlichkeit									
		Levene-Test der Varianzgleichheit		T-Test für die Mittelwertgleichheit					
		F	Signifikanz	T	df	Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz	Standardfehler der Differenz	95% Konfidenzintervall der Differenz
Vorschalttest Schnellkraft (T3-T1) + (T7-T5)	Varianzen sind gleich	,479	<b>,497</b>	,411	20	,685	3,41667	8,30643	-13,91024 20,74357
	Varianzen sind nicht gleich			,414	19,756	,683	3,41667	8,24296	-13,79147 20,62480
t-Test Schnellkraft (T3-T1) - (T7-T5)	Varianzen sind gleich	,938	,344	2,272	20	<b>,034</b>	18,28333	8,04610	1,49946 35,06721
	Varianzen sind nicht gleich			2,355	19,283	,029	18,28333	7,76514	2,04685 34,51981

Tabelle 25 Schnellkraft: Vorschalttest und t-Test für unverbundene Stichproben

**Gruppe A** erhöhte die Schnellkraft in der EMS-Periode 1 um 7,94 Nm (+ 6,1 %). In Periode 2 wurde diese um 3,69 Nm gesteigert. **Gruppe B** zeigte die maximale Geschwindigkeit bei 300°s<sup>-1</sup> in der Kontrollphase um 2,33 Nm gestiegen. Als Interventionsgruppe in Periode 2 stieg das maximale Drehmoment um 9,61 Nm (+ 7,9 %) (Tab. 27). Aus Tab. 26 lassen sich erhobene durchschnittliche Daten der Spieler in den jeweiligen Gruppen zu allen Testungen T1 bis T8 ablesen.

Daten der Schnellkraftauswertung									
Gruppeneinteilung		T1 (BL): Max. Winkelgeschwindigkeit bei 300°s <sup>-1</sup> [Nm] re	T2: Max. Winkelgeschwindigkeit bei 300°s <sup>-1</sup> [Nm] re	T3 (OC): Max. Winkelgeschwindigkeit bei 300°s <sup>-1</sup> [Nm] re	T4: Max. Winkelgeschwindigkeit bei 300°s <sup>-1</sup> [Nm] re	T5 (BL2): Max. Winkelgeschwindigkeit bei 300°s <sup>-1</sup> [Nm] re	T6: Max. Winkelgeschwindigkeit bei 300°s <sup>-1</sup> [Nm] re	T7(OC2): Max. Winkelgeschwindigkeit bei 300°s <sup>-1</sup> [Nm] re	T8: Max. Winkelgeschwindigkeit bei 300°s <sup>-1</sup> [Nm] re
Gruppe A	Mittelwert	129,53	136,21	137,47	134,86	136,54	141,08	140,23	135,18
	Std.-Abweichung	33,200	32,335	33,273	34,095	31,007	25,554	31,279	29,570
Gruppe B	Mittelwert	116,42	120,69	118,75	117,55	121,75	129,38	131,36	130,50
	Std.-Abweichung	13,399	24,503	16,912	16,609	15,487	11,975	13,603	17,011
Insgesamt	Mittelwert	123,70	128,74	129,15	127,24	129,44	136,40	136,17	132,74
	Std.-Abweichung	26,713	29,366	28,407	28,662	25,446	21,576	24,724	23,406

Tabelle 26 Daten der Schnellkraftauswertung

Beide Gruppen konnten den zu zeigenden Unterschied von + 14 Nm, der im Protokoll als relevanter Unterschied definiert wurde, nicht erreichen. Dennoch sind signifikante Verbesserungen der Schnellkraft in beiden Gruppen zu sehen. Im Durchschnitt steigerten sich beide Studienkohorten um 8,78 Nm, entsprechend um 7 % zum Baseline-Wert.

Relevanter Testzeitraum	Verbesserung der Schnellkraft	Prozentuale Steigerung
Gruppe A in Periode 1	+ 7,94 Nm	+ 6,1 %
Gruppe B in Periode 2	+ 9,61 Nm	+ 7,9 %

Tabelle 27 Mittlere Entwicklung der Schnellkraft (Gruppe A +7,94 Nm; +6,1 % und Gruppe B +9,61 Nm; +7,9 %)

Anhand von Abb. 43 wird die signifikante Entwicklung der Schnellkraft beider Gruppen gezeigt.

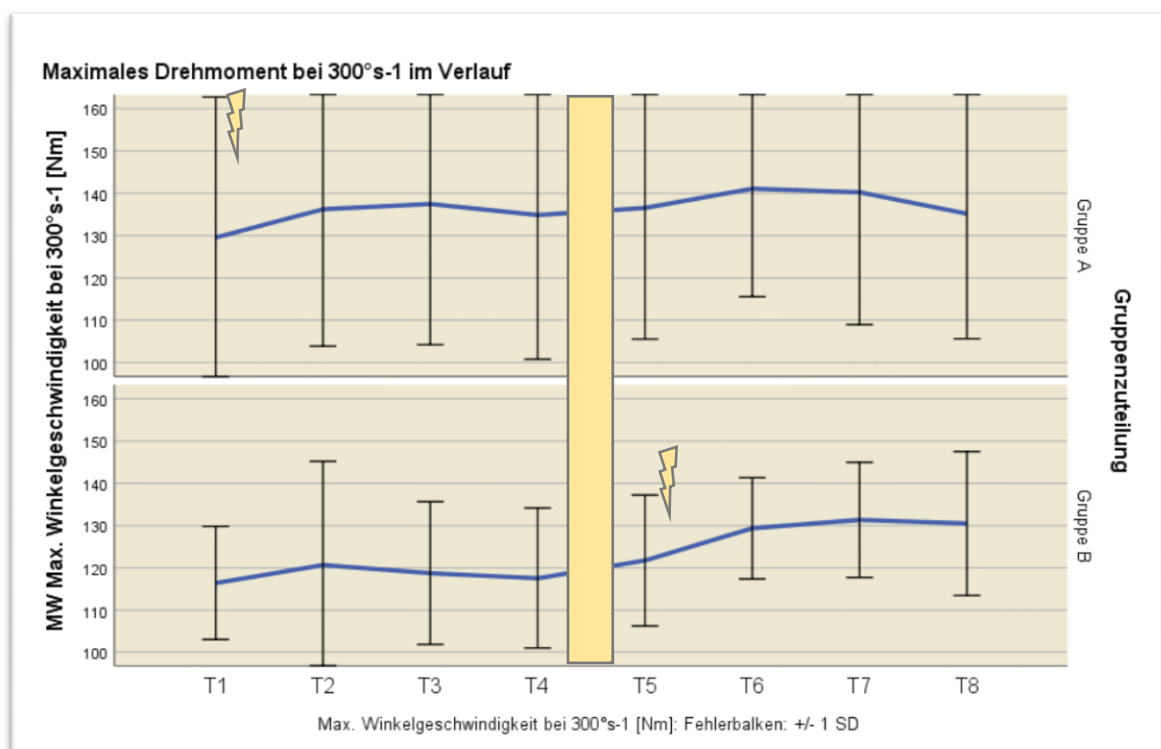


Abbildung 43 Signifikante Schnellkraftverbesserung in Gruppe A - Periode 1 von 129,53 Nm an T1 auf 137,47 Nm an T3 und Gruppe B - Periode 2 von 121,75 Nm an T5 auf 131,36 Nm an T7, im Vergleich zur jeweils anderen Testgruppe (p-Wert= 0,017)

Gruppe A zeigte in beiden Studienperioden Zuwächse der Schnellkraft, mit einem signifikanten Anstieg in Periode 1.

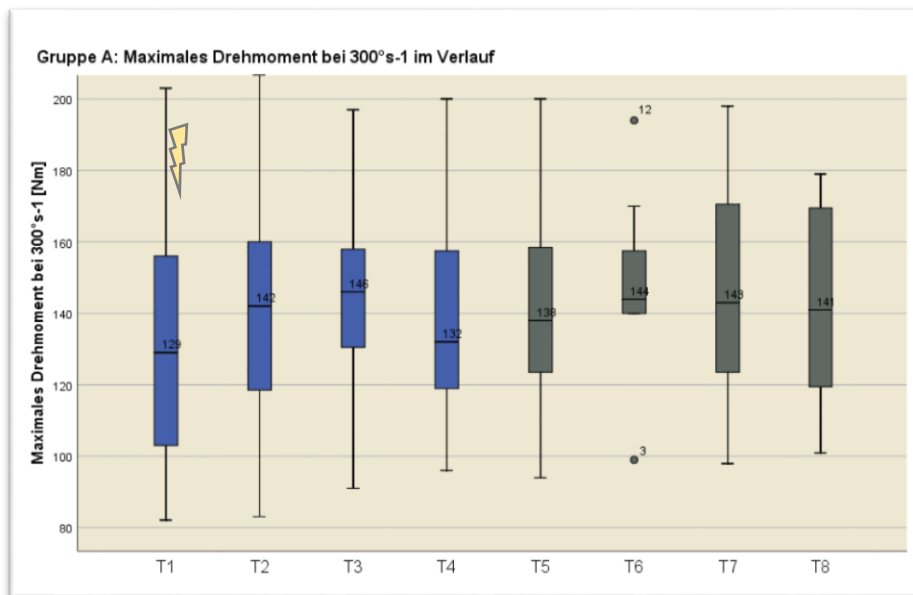


Abbildung 44 Signifikante Verbesserung der Schnellkraft von Gruppe A in Periode 1 von 129,53 Nm an T1 auf 137,47 Nm an T3

In beiden Studienperioden stieg die maximal produzierte Schnellkraft in Gruppe B an. Der Zuwachs in Periode 2 war signifikant.

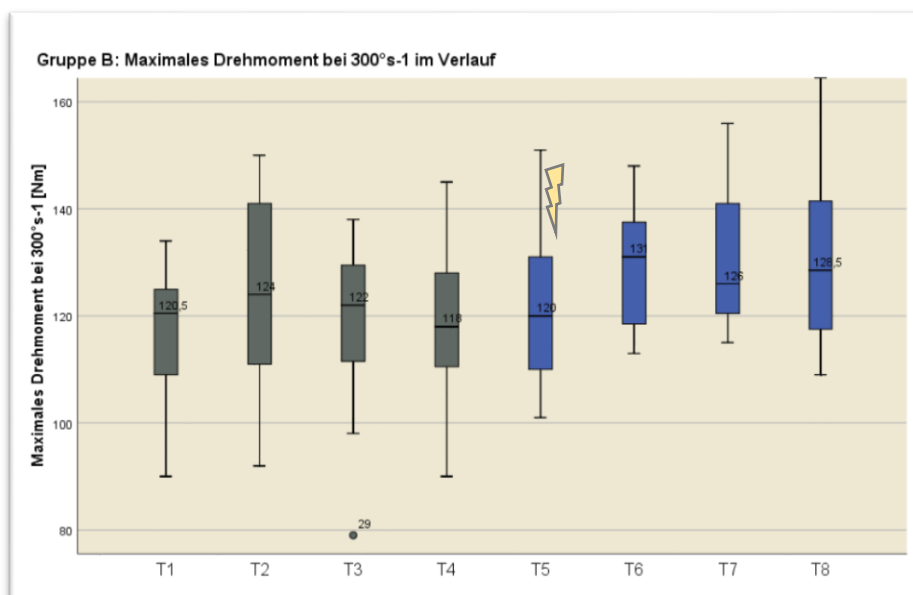


Abbildung 45 Signifikante Verbesserung der Schnellkraft von Gruppe B in Periode 2 von 121,75 Nm an T5 auf 131,36 Nm an T7

### 5.1.5 Sprunghöhe

Der Parameter Sprunghöhe ist lediglich explorativ zu betrachten. Die Auswertung wurde ohne Vorschalttest und Test auf Unterschiedlichkeit durchgeführt.

**Gruppe A** zeigte in Periode 1 einen Anstieg der Sprunghöhe um 2,16 cm (+ 4,6 %). In Periode 2 verloren die Sportler durchschnittlich 1,39 cm an Sprunghöhe. **Gruppe B** sprang nach Periode 1 weniger hoch (- 1,7x 10<sup>-3</sup> m). Mit EMS-Training steigerten die Spieler in Periode 2 die Höhe im CMJ um 3,18 cm (+ 6,3 %) (Tab. 29). Tab. 28 zeigt die Mittelwerte der Sprunghöhenauswertung.

		Daten der Sprunghöhenauswertung							
Gruppeneinteilung		T1 (BL): Sprunghöhe [m]	T2: Sprunghöhe [m]	T3 (OC): Sprunghöhe [m]	T4: Sprunghöhe [m]	T5 (BL2): Sprunghöhe [m]	T6: Sprunghöhe [m]	T7(OC2): Sprunghöhe [m]	T8: Sprunghöhe [m]
Gruppe A	Mittelwert	,4710	,4876	,4926	,5060	,5121	,4825	,4982	,4849
	Std.-Abweichung	,05599	,07139	,06167	,06895	,05816	,05477	,07009	,06219
Gruppe B	Mittelwert	,5066	,5054	,5049	,4830	,5079	,4807	,5397	,5175
	Std.-Abweichung	,06275	,06778	,04776	,05259	,06735	,04268	,04866	,05589
Insgesamt	Mittelwert	,4895	,4958	,4987	,4959	,5103	,4817	,5189	,5005
	Std.-Abweichung	,06111	,06904	,05440	,06215	,06105	,04851	,06259	,06035

Tabelle 28 Daten der Sprunghöhenauswertung

Beide Gruppen konnten ihre Sprunghöhe im CMJ mit EMS um durchschnittlich 2,67 cm, respektive 5,45 % steigern. Gruppe A erreichte den als relevant definierten Unterschied von + 2,4 cm nicht.

Relevanter Testzeitraum	Verbesserung der Sprunghöhe	Prozentuale Steigerung
Gruppe A in Periode 1	+ 2,16 cm	+ 4,6 %
Gruppe B in Periode 2	+ 3,18 cm	+ 6,3 %

Tabelle 29 Mittlere Entwicklung der Sprunghöhe (Gruppe A +2,16 cm; +4,6 % und Gruppe B +3,18 cm; +6,3 %)

In Abb. 46 ist der Aufwärtstrend der Sprunghöhe im Verlauf der Studie abgebildet. An T6 nahmen wiederum nicht genügend Probanden an der Messung teil.

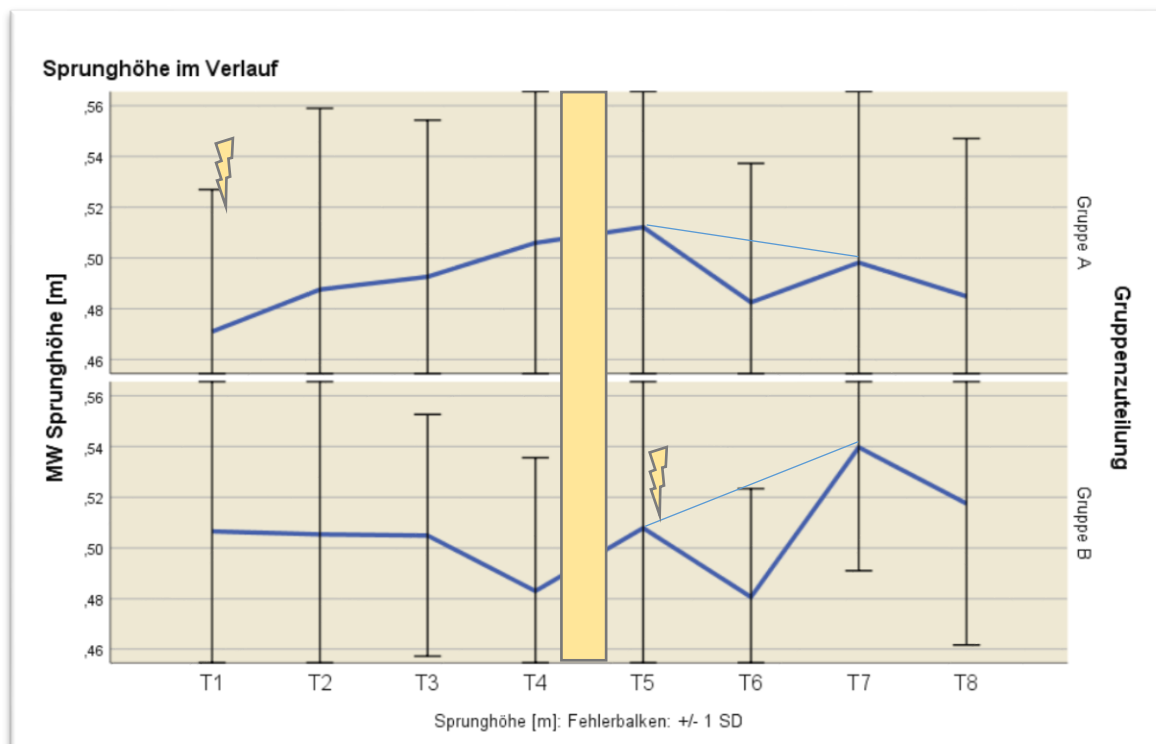


Abbildung 46 Aufwärtstrend der Sprunghöhe beider Gruppen im Vergleich mit einer Verbesserung in Gruppe A – Periode 1 von 0,47 m an T1 auf 0,49 m an T3 und Gruppe B – Periode 2 von 0,51 m an T5 auf 0,54 m an T7.

Der Box-Plot zeigt den Aufwärtstrend der Sprunghöhe in **Gruppe A** der Studienperiode 1. Im Abschnitt mit ausschließlichem EMS-Training verloren die Teilnehmer an Sprunghöhe.

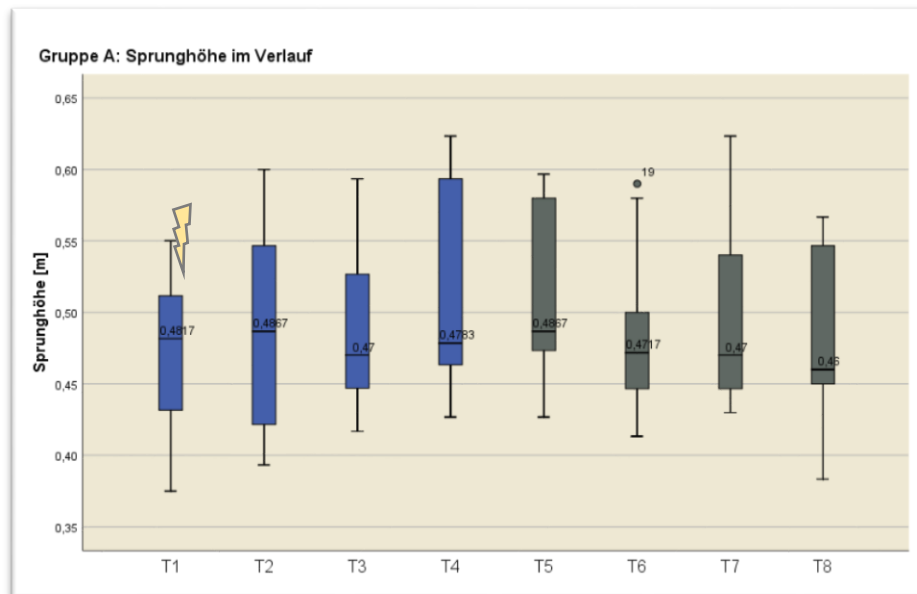


Abbildung 47 Verbesserung der Sprunghöhe von Gruppe A in Periode 1 von 0,47 m an T1 auf 0,49 m an T3

Die durchschnittliche Sprunghöhe von **Gruppe B** blieb im Kontrollabschnitt auf nahezu einem Niveau. Mit EMS-Intervention zeigte sich ein Aufwärtstrend der CMJ-Höhe. Hier wurde der im Protokoll geforderte Unterschied erreicht.

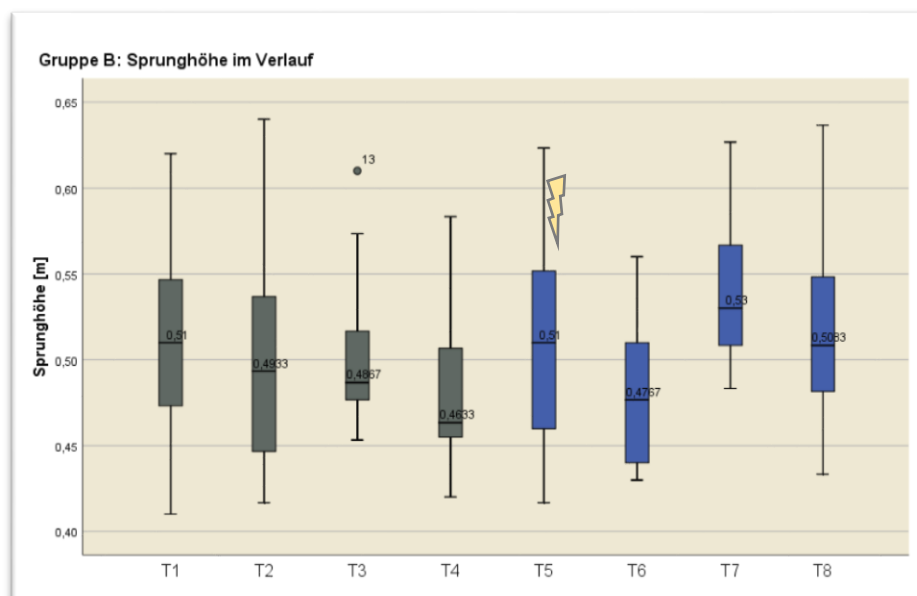


Abbildung 48 Verbesserung der Sprunghöhe von Gruppe B in Periode 2 von 0,51 m an T5 auf 0,54 m an T7

### 5.1.6 Maximalkraft (Maximale Winkelgeschwindigkeit bei 60°/s)

Der einfacheren Lesbarkeit halber wird das maximale Drehmoment bei 60°/s im Folgenden als „Maximalkraft“ bezeichnet. Die Maximalkraft ist als explorative Variable anzusehen. Die Auswertung wurde ohne Vorschalttest oder Test auf Unterschiedlichkeit vorgenommen.

**Gruppe A** erhöhte die durchschnittliche Maximalkraft mit EMS-Training um 54,86 Nm (+ 24,6 %) in Periode 1. In Periode 2 steigerten die Spieler ihre Maximalkraft um 2,91 Nm. Teilnehmer der **Gruppe B** erhöhten ihre Maximalkraft in Periode 1 um 4,35 Nm, respektive um 11,33 Nm (+ 5,7 %) in Periode 2 (Tab. 31). Tab. 30 zeigt sämtliche Mittelwerte der Maximalkraftentwicklung beider Gruppen.

Daten der Maximalkraftauswertung									
Gruppeneinteilung		T1 (BL): Max. Winkelgeschwindigkeit bei 60°s-1 [Nm] re	T2: Max. Winkelgeschwindigkeit bei 60°s-1 [Nm] re	T3 (OC): Max. Winkelgeschwindigkeit bei 60°s-1 [Nm] re	T4: Max. Winkelgeschwindigkeit bei 60°s-1 [Nm] re	T5 (BL2): Max. Winkelgeschwindigkeit bei 60°s-1 [Nm] re	T6: Max. Winkelgeschwindigkeit bei 60°s-1 [Nm] re	T7 (OC2): Max. Winkelgeschwindigkeit bei 60°s-1 [Nm] re	T8: Max. Winkelgeschwindigkeit bei 60°s-1 [Nm] re
Gruppe A	Mittelwert	222,97	250,50	277,73	223,50	217,54	220,42	220,45	232,71
	Std.-Abweichung	61,285	47,359	66,146	50,934	47,470	40,042	48,743	49,218
Gruppe B	Mittelwert	213,75	227,54	218,10	193,64	199,68	204,63	209,91	211,50
	Std.-Abweichung	39,310	55,201	40,270	27,815	31,492	29,871	37,822	32,956
Insgesamt	Mittelwert	218,81	239,44	253,88	210,36	208,44	214,10	215,18	222,92
	Std.-Abweichung	51,937	51,619	63,635	44,232	40,923	36,332	42,915	43,056

Tabelle 30 Daten der Maximalkraftauswertung

Gruppe A erreichte den als relevant definierten Anstieg der Maximalkraft aus dem Statistikprotokoll. Gruppe B konnte die zu zeigende Differenz von + 18 Nm nicht erreichen. Die durchschnittliche Verbesserung in beiden Gruppen liegt bei 33,1 Nm (+ 15,15 %).

Relevanter Testzeitraum	Verbesserung der Maximalkraft	Prozentuale Steigerung
Gruppe A in Periode 1	+ 54,86 Nm	+ 24,6 %
Gruppe B in Periode 2	+ 11,33 Nm	+ 5,7 %

Tabelle 31 Mittlere Entwicklung der Maximalkraft (Gruppe A +54,86 Nm; +24,6 % und Gruppe B +11,33 Nm; +5,7 %)



In Abbildung 49 ist der Aufwärtstrend der Maximalkraft beider Gruppen dargestellt. Mit GK-EMS-Training zeigen sich jeweils steigende Tendenzen.

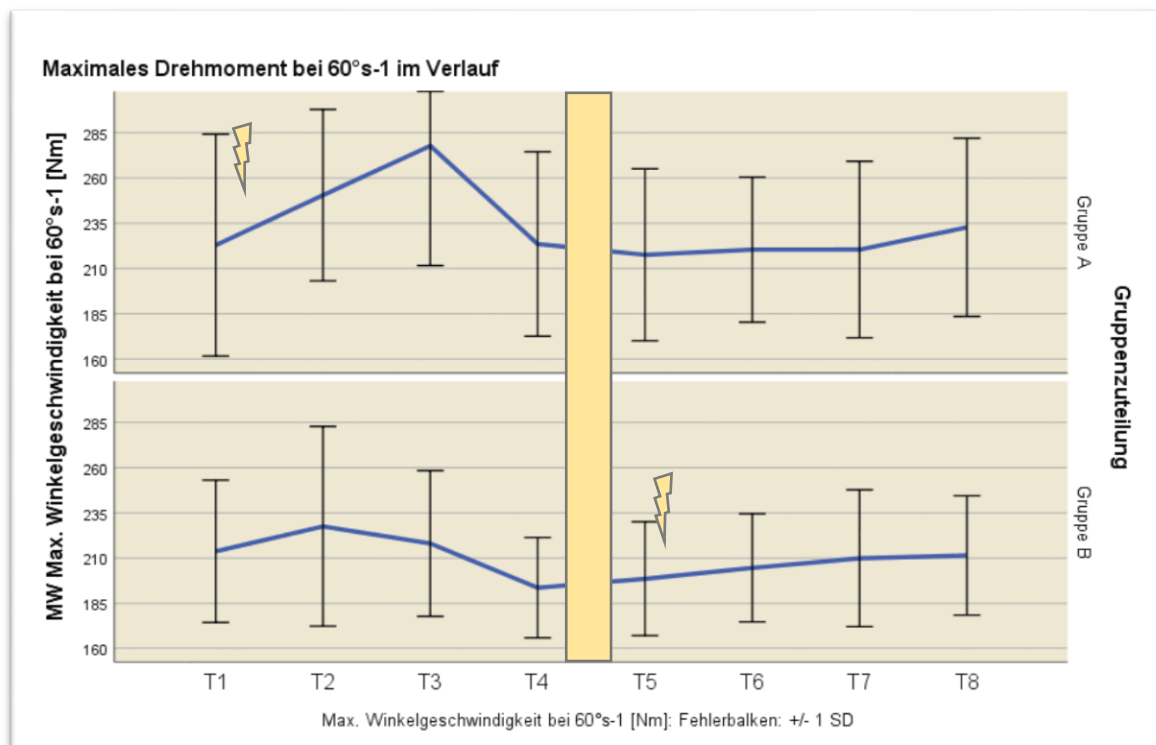


Abbildung 49 Aufwärtstrend der Maximalkraft beider Gruppen im Vergleich mit einer Verbesserung in Gruppe A – Periode 1 von 222,87 Nm an T1 auf 277,73 Nm an T3 und Gruppe B – Periode 2 von 198,58 Nm an T5 auf 209,91 Nm an T7

**Gruppe A** wies in Periode 1 einen Aufwärtstrend der Maximalkraft auf.

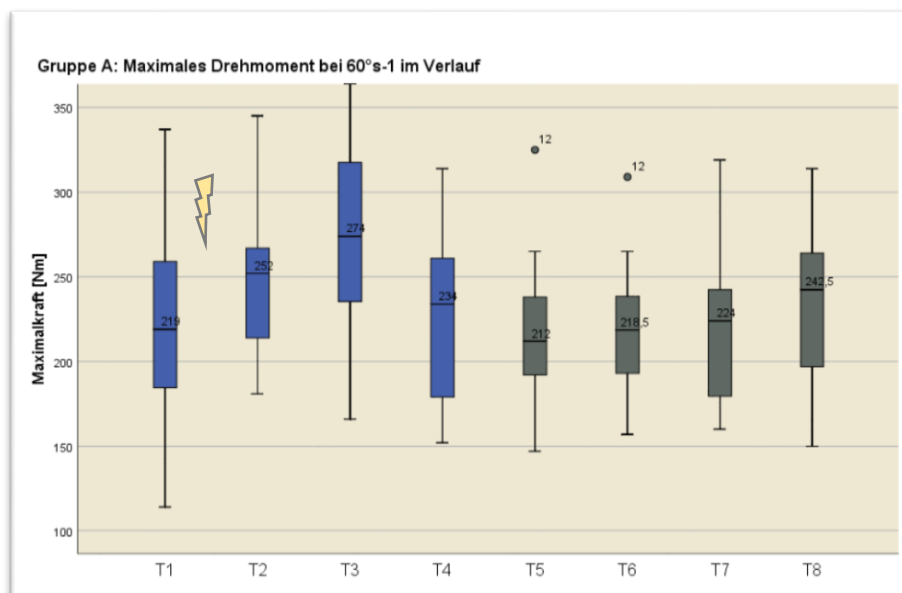


Abbildung 50 Verbesserung der Maximalkraft von Gruppe A in Periode 1 von 222,87 Nm an T1 auf 277,73 Nm an T3

**Gruppe B** erreichte in der 2. Periode einen Aufwärtstrend der Maximalkraft.

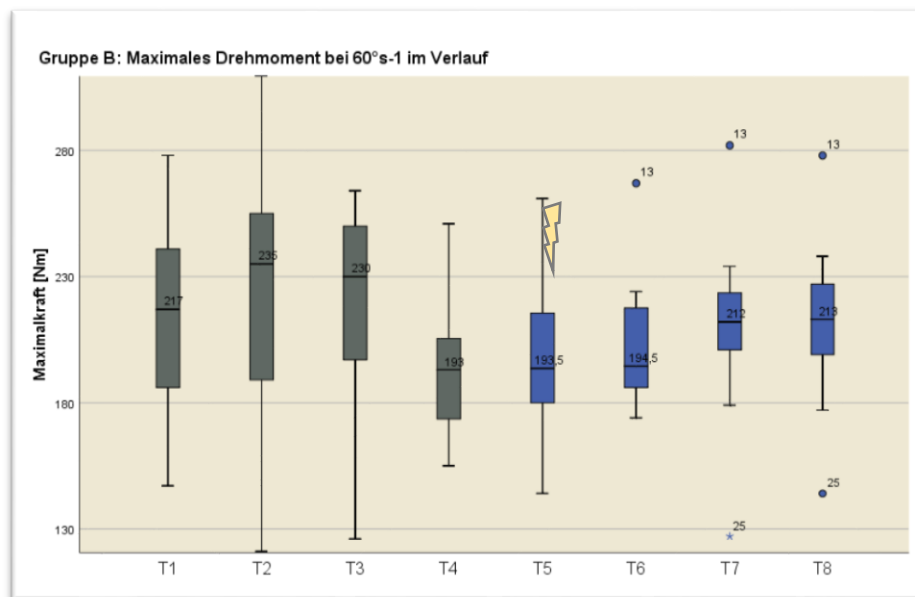


Abbildung 51 Verbesserung der Maximalkraft von Gruppe B in Periode 2 von 198,58 Nm an T5 auf 209,91 Nm an T7

### 5.1.7 Resümee

In Tab. 32 wird die Entwicklung der einzelnen Parameter aufgeführt. Dargestellt wird jeweils diejenigen Leistungsentwicklungen der Gruppen, die während dem Abschnitt der Studie mit GK-EMS-Intervention stattfanden. Grau hinterlegte Werte bedeuten eine signifikante Werteentwicklung. Sprunghöhe und Maximalkraft wurden als explorative Variablen erhoben. Die Testung der Schussgeschwindigkeit ergab keine signifikante Beeinflussung durch EMS und wird daher weder im Abschnitt der Nachschaltwerte noch in der ligabezogenen Auswertung bearbeitet.

**Gruppe A** zeigte in Periode 1 der Studie prozentual größere Veränderungen in den Variablen Sprungleistung, Sprintzeit und Maximalkraft als Gruppe B. So wiesen Teilnehmer der Gruppe A eine mittlere Sprungleistungssteigerung von 5,9 %, eine Sprintzeitreduktion von 6,3 % und einen durchschnittlichen Anstieg der Maximalkraft um 24,6 % auf.

**Gruppe B** konnte in Periode 2 durchschnittlich höhere Ergebnisse in den Parametern Schnellkraft und Sprunghöhe erzielen. Im Mittel wurde eine relative Steigerung der Schnellkraft um 7,9 % und der Sprunghöhe um 6,3 % erreicht.

Parameter	Gruppe A	Gruppe B	Mittlere Werteentwicklung	Signifikanzniveau
<b>Sprungleistung</b>	+ 5,9 %	+ 4,4 %	+ 5,15 %	p < 0,0425
<b>Sprintzeit</b>	- 6,3 %	- 3,7 %	- 5 %	P < 0,0185
<b>Schussgeschwindigkeit</b>	- 5,4 x 10 <sup>-3</sup> %	- 8,9 x 10 <sup>-3</sup> %	0 %	P < 0,0135
<b>Schnellkraft</b>	+ 6,1 %	+ 7,9 %	+ 7 %	p < 0,017
<b>Sprunghöhe</b>	+ 4,6 %	+ 6,3 %	+ 5,45 %	explorativ
<b>Maximalkraft</b>	+ 24,6 %	+ 5,7 %	+ 15,15 %	explorativ

Tabelle 32 Übersicht der mittleren relativen Entwicklung der Messgrößen in beiden Gruppen sowie der gesamten mittleren Werteentwicklung und dem zugehörigen Signifikanzniveau

## 5.2 Auswertung der Nachschaltwerte

Der Nachschaltwert wurde jeweils nach einmonatiger GK-EMS Pause erhoben. Aufgrund der divergierenden zeitlichen Relevanz der Messzeitpunkte für die beiden Gruppen infolge des Cross-Over Designs wurden die Parameter gruppengetrennt ausgewertet. Auf die Aufführung der Schussgeschwindigkeit wird aufgrund der signifikanten Nicht-Beeinflussung durch EMS-Training verzichtet. Die Auswertung der Nachschaltwerte erfolgte explorativ und enthält deshalb keine Aussagen über Signifikanzen.

### 5.2.1 Gruppe A

Die Probanden steigerten ihre **Sprungleistung** von T3 auf T4 um durchschnittlich 28,6 W und 0,63 %. Im Vergleich zu T1 ergibt sich eine gesamte Steigerung um 280,1 W und demzufolge um 6,6 %. Verglichen mit T3, sprangen die Spieler bei der Nachschalttestung an T4 um 1,34 cm und somit 2,72 % höher. Damit ergibt sich ein Anstieg der **Sprunghöhe** um insgesamt 3,5 cm und demnach 7,4%. Tab. 33 erfasst die Mittelwerte der Gruppe A-Spieler während deren EMS-Zeitraum bei Testung T1, T3 und T4.

Gruppe A	Baseline-Wert 1 (T1)	Outcome-Wert 1 (T3)	Nachschaltwert 1 (T4)	Erneuter Fortschritt T3-T4
<b>Sprungleistung</b>	4,2611 kW	4,5126 kW	4,5412 kW	+ 0,0286 kW
<b>Sprintzeit</b>	1,5621 s	1,4633 s	1,4662 s	-
<b>Schnellkraft</b>	129,53 Nm	137,47 Nm	134,86 Nm	-
<b>Sprunghöhe</b>	0,4710 m	0,4926 m	0,5060 m	+ 0,0134 m
<b>Maximalkraft</b>	222,87 Nm	277,73 Nm	223,50 Nm	-

Tabelle 33 Übersicht der Werteentwicklung inkl. Nachschaltwert von Gruppe A im Verlauf der Periode 1, bei Testung T1, T3, T4 sowie erneutem Fortschritt von T3-T4

### 5.2.2 Gruppe B

Teilnehmer der Gruppe B zeigten im Vergleich T7 einen weiteren Anstieg ihrer **Sprungleistung** um 9,2 W also 0,23 % beim Nachschaltwert 2 an T8. Hieraus ergibt sich eine absolute Steigerung von insgesamt 177,7 W und eine relative Steigerung um 4,6% zu T5. Im Hinblick auf die **10 m-Sprintzeit** war erneut eine Abnahme von 0,01 s von T7 auf den T8 zu verzeichnen, entsprechend 0,89 %. Verglichen mit dem Ausgangswert an T5 überwandten die Spieler die 10 m-Sprintstrecke an T8 um durchschnittlich 0,07 s schneller. Die Dauer für den 10 m-Sprint konnte somit bis zum Nachschaltwert um 4,5% reduziert werden. Hinsichtlich der **Maximalkraft** konnte sich Gruppe B von T7 auf T8 um weitere 1,59 Nm (+ 0,76 %) steigern. In Verbindung mit T5 errechnete sich eine gesamte Steigerung von 12,92 Nm und demnach 6,5 % bezüglich T8. Tab. 34 stellt die Mittelwerte der Gruppe B-Spieler während deren EMS-Zeitraum bei Testung T5, T7 und T8 dar.

Gruppe B	Baseline-Wert 2 (T5)	Outcome-Wert 2 (T7)	Nachschaltwert 2 (T8)	Erneuter Fortschritt T7-T8
<b>Sprungleistung</b>	3,8723 kW	4,0408 kW	4,05 kW	+ 0,0092 kW
<b>Sprintzeit</b>	1,4694 s	1,4156 s	1,403 s	- 0,0126 s
<b>Schnellkraft</b>	121,75 Nm	131,36 Nm	130,50 Nm	-
<b>Sprunghöhe</b>	0,5079 m	0,5397 m	0,5175 m	-
<b>Maximalkraft</b>	198,58 Nm	209,91 Nm	211,50 Nm	+ 1,59 Nm

Tabelle 34 Übersicht der Werteentwicklung inkl. Nachschaltwert von Gruppe B im Verlauf der Periode 2, bei Testung T5, T7, T8 sowie erneutem Fortschritt von T7-T8

### 5.3 Auswertung nach sportlichem Niveau (Ligazugehörigkeit)

Aufgrund des Cross-Over Designs der Studie resultierte in den beiden Interventionsgruppen ein Unterschied bzgl. der jeweiligen relevanten Messzeitpunkte. Die Parameter wurden daher gruppengetrennt ausgewertet. In den Mittelwerttabellen sind jeweils die Werte der relevanten Messzeitpunkte der Interventionsperiode gelb umkreist. Aufgrund der signifikant nicht belegten Wirksamkeit des GK-EMS-Trainings auf die Schussgeschwindigkeit, wird auf die Auswertung dieses Parameters verzichtet. Die Auswertung nach sportlichem Niveau erfolgte explorativ und enthält deshalb keine Aussagen über Signifikanzen. Aus Gründen der Übersichtlichkeit werden die beiden Zwischenmessungen T3 und T6 in den folgenden Grafiken ausgeklammert.

#### 5.3.1 Ligabezogene Auswertung in Gruppe A

##### Sprungleistung

**Bezirksligisten** steigerten ihre Sprungleistung nach GK-EMS um durchschnittlich 262,4 W (+ 6,1 %), in Periode 2 nahm diese um 96,9 W ab. **Hobbyligisten** erreichten eine Steigerung um 199,5 W (+ 4,8 %) in Periode 1. In der zweiten Periode verzeichneten sie einen mittleren Anstieg der Sprungleistung von 28,3 W (Tab. 36). Tab. 35 zeigt die Mittelwerte der Sprungleistung im Hinblick auf die Ligazugehörigkeit.

		Gruppe A: Ligabezogene Sprungleistungsauswertung							
Leistungsklasse		T1 (BL): Sprungleistun g [kW]	T2: Sprungleistun g [kW]	T3 (OC): Sprungleistun g [kW]	T4: Sprungleistun g [kW]	T5 (BL2): Sprungleistun g [kW]	T6: Sprungleistun g [kW]	T7(OC2): Sprungleistun g [kW]	T8: Sprungleistun g [kW]
Bezirksliga	Mittelwert	4,3085	4,4178	4,5709	4,6600	4,6489	4,4157	4,5520	4,4285
	Std.-Abweichung	,76747	,71489	,66835	,68645	,69147	,82881	,80502	,74793
Hobbyliga	Mittelwert	4,1188	4,1556	4,3183	4,1056	4,4050	4,4533	4,4333	4,2467
	Std.-Abweichung	1,21611	1,04376	,90289	,96022	,98759	1,47078	1,06537	1,35293
Insgesamt	Mittelwert	4,2611	4,3653	4,5126	4,5412	4,6140	4,4219	4,5305	4,4005
	Std.-Abweichung	,83942	,75430	,69510	,74838	,69817	,87115	,79640	,78953

Tabelle 35 Ligabasierte Sprungleistungsauswertung der Gruppe A

Bezirksligisten steigerten die Sprungleistung zu einem prozentual größeren Anteil.

Gruppe A	Absolute mittlere Steigerung	Mittlere prozentuale Steigerung
Bezirksligisten	+ 262,4 W	+ 6,1 %
Hobbyligisten	+ 199,5 W	+ 4,8 %

Tabelle 36 Absolute und relative Steigerung der Sprungleistung unter Probanden verschiedener Ligazugehörigkeit der Gruppe A (Bezirksligisten +262,4 W; +6,1 % und Hobbyligisten +199,5 W; +4,8 %)

Abb. 52 bildet die Entwicklung der Sprungleistung mit Aufwärtstrend in der GK-EMS Periode ab.

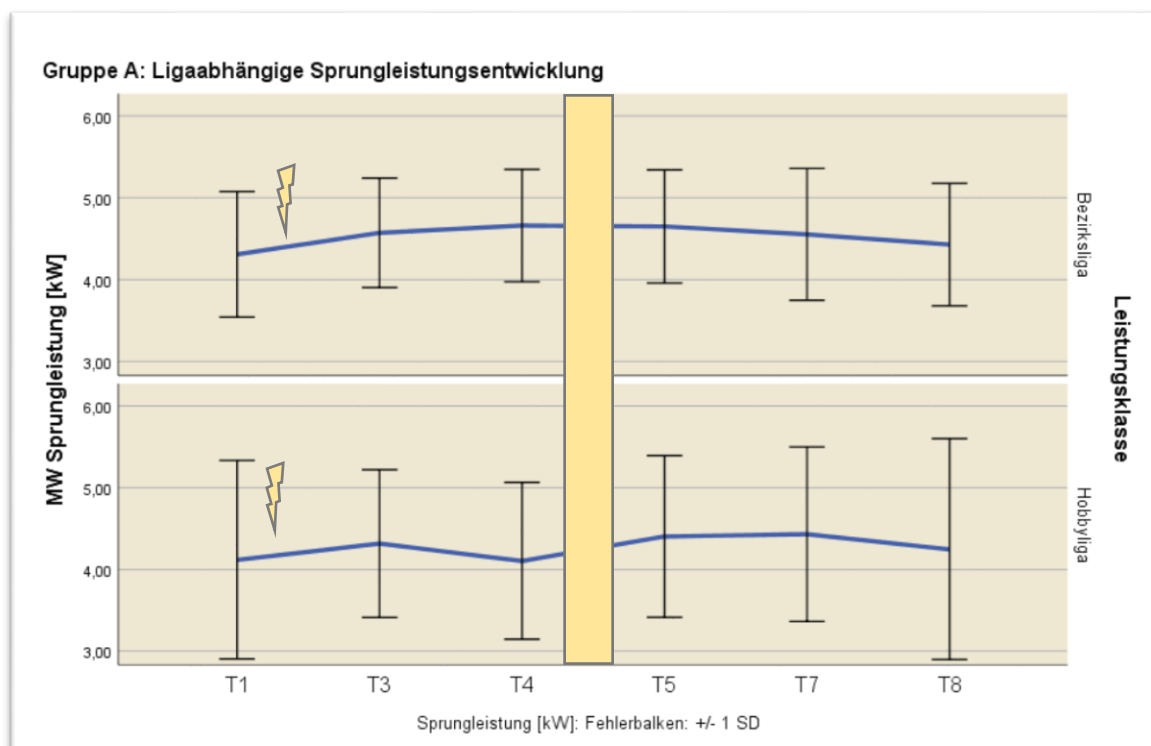


Abbildung 52 Ligabasierte Sprungleistungsdarstellung der Gruppe A - Steigerung in Bezirksligisten von 4,3085 kW auf 4,5709 kW und in Hobbyligisten von 4,1188 kW auf 4,3183 kW in Periode 1

## Sprintzeit

**Bezirksligisten** reduzierten ihre 10 m-Sprintzeit während des EMS-Trainings um 0,08 s (-5,1 %). Ohne EMS nahm die Sprintzeit in Periode 2 um 0,01 s zu. **Hobbyligisten** reduzierten in Periode 1 die Sprintdauer um 0,19 s (- 11,7 %). In Periode 2 war ein Anstieg derselben um 0,03 s zu verzeichnen (Tab. 38). Die Mittelwerte der ligabezogenen Sprintzeiten im Laufe der Studie werden in Tab. 37 gezeigt.

Gruppe A: Ligabezogene Sprintzeitauswertung		T1 (BL): 10m-Sprintzeit [s]	T2: 10m-Sprintzeit [s]	T3 (OC): 10m-Sprintzeit [s]	T4: 10m-Sprintzeit [s]	T5 (BL2): 10m-Sprintzeit [s]	T6: 10m-Sprintzeit [s]	T7(OC2): 10m-Sprintzeit [s]	T8: 10m-Sprintzeit [s]
Bezirksliga	Mittelwert	1,5491	1,5329	1,4702	1,4703	1,5150	1,4693	1,5296	1,4976
	Std.-Abweichung	,08569	,16195	,10894	,13384	,10438	,03876	,09584	,10382
Hobbyliga	Mittelwert	1,6100	1,5733	1,4217	1,4511	1,4933	1,5700	1,5183	1,6367
	Std.-Abweichung	,07234	,09644	,05893	,07848	,03771	.	,15321	,27813
Insgesamt	Mittelwert	1,5621	1,5410	1,4633	1,4662	1,5119	1,4861	1,5276	1,5190
	Std.-Abweichung	,08441	,14905	,10305	,12163	,09690	,05377	,09857	,13475

Tabelle 37 Ligabasierte 10 m-Sprintzeitauswertung der Gruppe A

Hobbyligisten zeigten prozentual eine größere Reduktion der Sprintzeit.

Gruppe A	Absolute mittlere Steigerung	Mittlere prozentuale Abnahme
Bezirksligisten	- 0,08 s	- 5,1 %
Hobbyligisten	- 0,19 s	- 11,7 %

Tabelle 38 Absolute und relative Steigerung der 10 m-Sprintzeit unter Probanden verschiedener Ligazugehörigkeit der Gruppe A (Bezirksligisten -0,08 s; -5,1 % und Hobbyligisten -0,19 s; -11,7 %)

Die ligaabhängige Entwicklung der Sprintzeit mit Abnahmetrend in Periode 1 wird in Abb. 53 dargestellt.

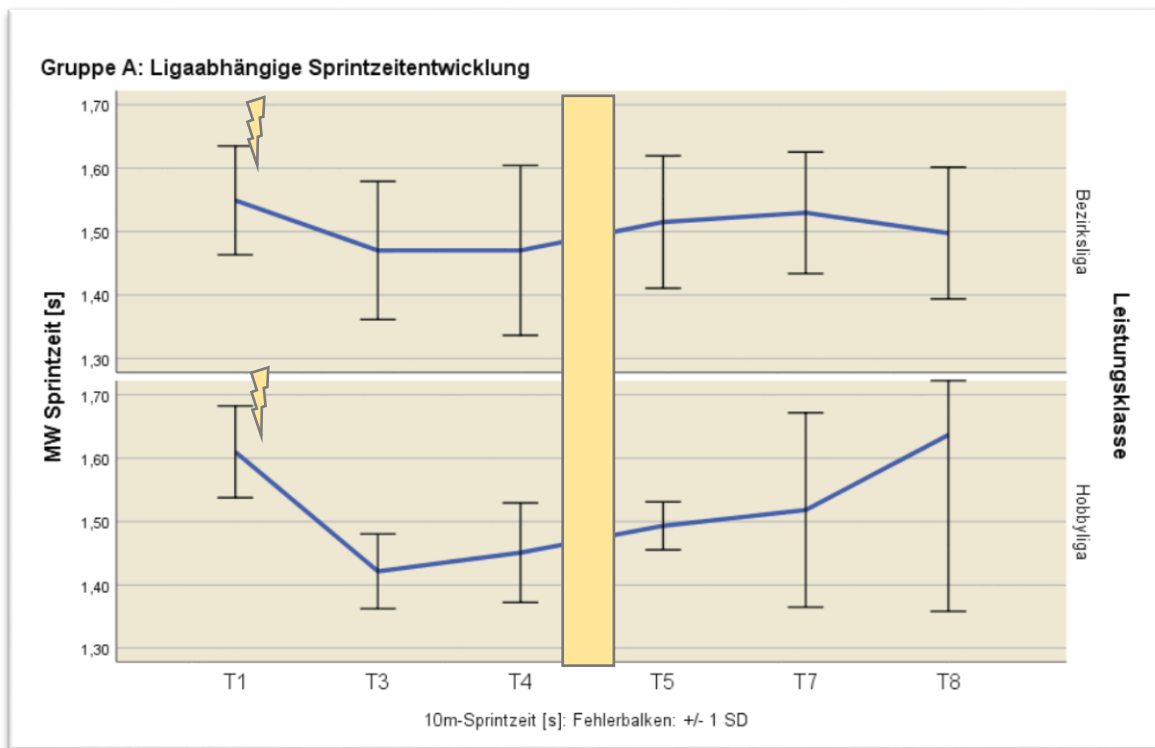


Abbildung 53 Ligabasierte Sprintzeitdarstellung der Gruppe A - Steigerung in Bezirksligisten von 1,5491 s auf 1,4702 s und in Hobbyligisten von 1,6100 s auf 1,4217 s in Periode 1

### Schnellkraft

**Bezirksligisten** konnten die Schnellkraft um 10,0 Nm (+ 7,6 %) in der EMS-Periode 1 steigern. In Periode 2 stieg die Schnellkraft um 3,55 Nm. **Hobbyligisten** hielten ihre maximale Winkelgeschwindigkeit bei  $300^{\circ}\text{s}^{-1}$  in Periode 1 approximativ auf einem Niveau (- 0,34 Nm; -  $2,9 \times 10^{-3}$  %). Als Kontrollgruppe steigerte sich deren Schnellkraft um 4,5 Nm (Tab. 40). In Tab. 39 sind die Mittelwerte aus der ligabezogenen Schnellkraftauswertung abgebildet.

Gruppe A: Ligabezogene Schnellkraftauswertung									
Leistungsklasse		T1 (BL): Max. Winkelgeschwindigkeit bei $300^{\circ}\text{s}^{-1}$ [Nm] re	T2: Max. Winkelgeschwindigkeit bei $300^{\circ}\text{s}^{-1}$ [Nm] re	T3 (OC): Max. Winkelgeschwindigkeit bei $300^{\circ}\text{s}^{-1}$ [Nm] re	T4: Max. Winkelgeschwindigkeit bei $300^{\circ}\text{s}^{-1}$ [Nm] re	T5 (BL2): Max. Winkelgeschwindigkeit bei $300^{\circ}\text{s}^{-1}$ [Nm] re	T6: Max. Winkelgeschwindigkeit bei $300^{\circ}\text{s}^{-1}$ [Nm] re	T7(OC2): Max. Winkelgeschwindigkeit bei $300^{\circ}\text{s}^{-1}$ [Nm] re	T8: Max. Winkelgeschwindigkeit bei $300^{\circ}\text{s}^{-1}$ [Nm] re
Bezirksliga	Mittelwert	132,25	140,27	142,25	141,45	140,27	144,90	143,82	138,33
	Std.-Abweichung	35,188	32,190	33,613	34,875	30,939	24,154	31,317	30,520
Hobbyliga	Mittelwert	118,67	121,33	118,33	110,67	116,00	122,00	120,50	121,00
	Std.-Abweichung	26,160	34,530	29,143	18,903	31,113	32,527	31,820	28,284
Insgesamt	Mittelwert	129,53	136,21	137,47	134,86	136,54	141,08	140,23	135,18
	Std.-Abweichung	33,200	32,335	33,273	34,095	31,007	25,554	31,279	29,570

Tabelle 39 Ligabasierte Schnellkraftauswertung der Gruppe A

Bezirksligisten zeigten den prozentual größeren Anstieg der Schnellkraft.

Gruppe A	Absolute mittlere Steigerung	Mittlere prozentuale Steigerung
Bezirksligisten	+ 10,0 Nm	+ 7,6 %
Hobbyligisten	- 0,34 Nm	- $2,9 \times 10^{-3}$ %

Tabelle 40 Absolute und relative Steigerung der Schnellkraft unter Probanden verschiedener Ligazugehörigkeit der Gruppe A (Bezirksligisten +10,0 Nm; +7,6 % und Hobbyligisten -0,34 Nm; - $2,9 \times 10^{-3}$  %)

In Abb. 54 wird die ligagetrennte Entwicklung der Schnellkraft dargestellt. Bezirksligisten zeigen einen Aufwärtstrend in Periode 1.

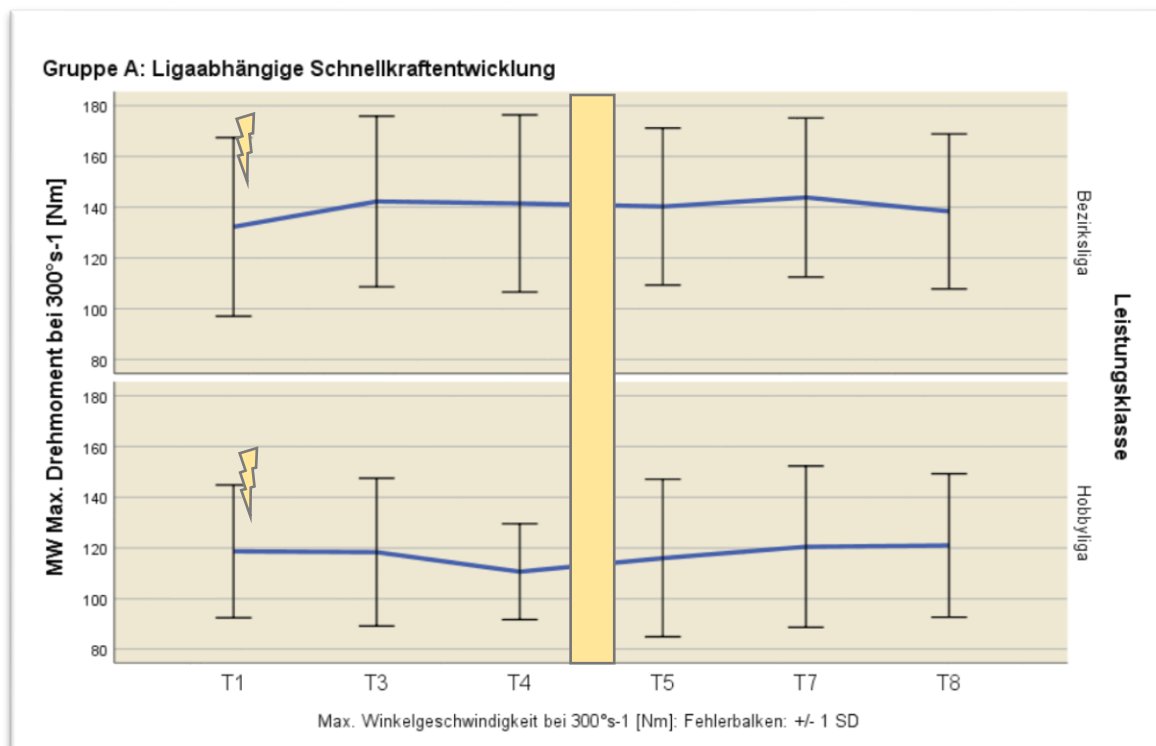


Abbildung 54 Ligabasierte Schnellkraftdarstellung der Gruppe A - Steigerung in Bezirksligisten von 132,25 Nm auf 142,25 Nm und Abnahme in Hobbyligisten von 118,67 Nm auf 118,33 Nm in Periode 1

## Sprunghöhe

**Bezirksligisten** sprangen nach EMS-Training in Periode 1 um 1,5 cm (+ 3,0 %) höher. Als Kontrollgruppe verzeichneten sie eine Sprunghöhenabnahme um 1,6 cm. **Hobbyligisten** sprangen in Periode 1 um 3,6 cm (+ 9,0 %) höher. In Periode 2 nahm die Sprunghöhe um 1,17 cm zu (Tab. 42). Tab. 41 fasst die Mittelwerte der Gruppe A Spieler aus der ligaspezifischen Sprunghöhenauswertung zusammen.

		Gruppe A: Ligabezogene Sprunghöhenauswertung							
Leistungsklasse		T1 (BL): Sprunghöhe [m]	T2: Sprunghöhe [m]	T3 (OC): Sprunghöhe [m]	T4: Sprunghöhe [m]	T5 (BL2): Sprunghöhe [m]	T6: Sprunghöhe [m]	T7(OC2): Sprunghöhe [m]	T8: Sprunghöhe [m]
Bezirksliga	Mittelwert	,4937	,5069	,5087	,5239	,5233	,4897	,5074	,5000
	Std.-Abweichung	,04171	,06631	,06042	,06703	,05459	,05548	,07425	,05420
Hobbyliga	Mittelwert	,4028	,4100	,4389	,4400	,4450	,4467	,4567	,4017
	Std.-Abweichung	,03128	,01453	,02776	,01155	,02593	,04714	,02828	,02593
Insgesamt	Mittelwert	,4710	,4876	,4926	,5060	,5121	,4825	,4982	,4849
	Std.-Abweichung	,05599	,07139	,06167	,06895	,05816	,05477	,07009	,06219

Tabelle 41 Ligabasierte Sprunghöhenauswertung der Gruppe A

Prozentual steigerten Hobbyligisten ihre Sprunghöhe nach GK-EMS Training mehr als Bezirksligisten.

Gruppe A	Absolute mittlere Steigerung	Mittlere prozentuale Steigerung
Bezirksligisten	+ 1,5 cm	+ 3,0 %
Hobbyligisten	+ 3,6 cm	+ 9,0 %

Tabelle 42 Absolute und relative Steigerung der Sprunghöhe unter Probanden verschiedener Ligazugehörigkeit der Gruppe A (Bezirksligisten +1,5 cm; +3,0 % und Hobbyligisten +3,6 cm; +9,0 %)

Der ligaabhängige Sprunghöhenverlauf ist anhand von Abb. 55 dargestellt. Beide Ligen der Gruppe A weisen einen Aufwärtstrend in Periode 1 auf.

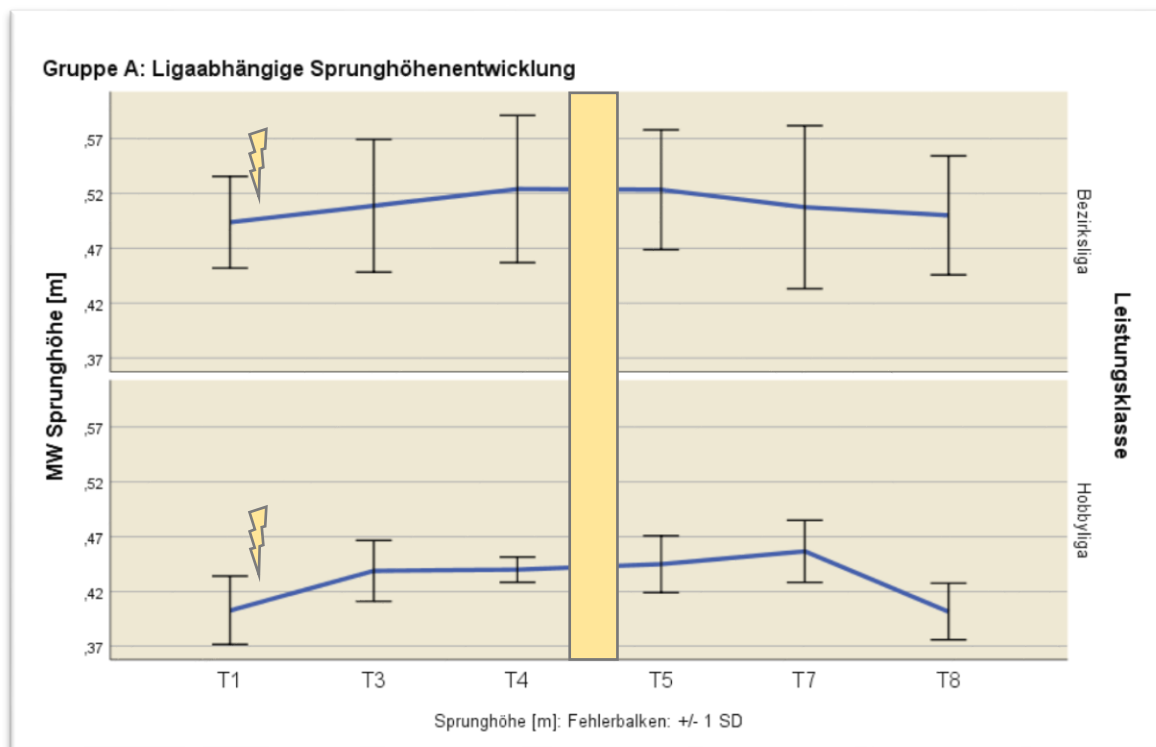


Abbildung 55 Ligabasierte Sprunghöhendarstellung der Gruppe A - Steigerung in Bezirksligisten von 0,4937 m auf 0,5087 m und in Hobbyligisten von 0,4028 m auf 0,4389 m in Periode 1

## Maximalkraft

**Bezirksligisten** verzeichneten in Periode 1 einen Anstieg des maximalen Drehmoments bei  $60^{\circ}\text{s}^{-1}$  von 60,0 Nm (+ 26,6 %). Im Kontrollabschnitt der Studie stieg ihre Maximalkraft um 5,79 Nm von T5 auf T7 an. In **Hobbyligisten** wurde in Periode 1 eine Zunahme von 34,34 Nm (+ 16,2 %) registriert. Die Maximalkraft nahm in Periode 2 um 11,5 Nm ab (Tab. 44). Die ligabasierten Mittelwerte der Maximalkraftauswertung von Gruppe A werden in Tab. 43 gezeigt.

Gruppe A: Ligabezogene Maximalkraftauswertung								
Leistungsklasse		T1 (BL): Max. Winkelgeschwindigkeit bei $60^{\circ}\text{s}^{-1}$ [Nm] re	T2: Max. Winkelgeschwindigkeit bei $60^{\circ}\text{s}^{-1}$ [Nm] re	T3 (OC): Max. Winkelgeschwindigkeit bei $60^{\circ}\text{s}^{-1}$ [Nm] re	T4: Max. Winkelgeschwindigkeit bei $60^{\circ}\text{s}^{-1}$ [Nm] re	T5 (BL2): Max. Winkelgeschwindigkeit bei $60^{\circ}\text{s}^{-1}$ [Nm] re	T6: Max. Winkelgeschwindigkeit bei $60^{\circ}\text{s}^{-1}$ [Nm] re	T7(OC2): Max. Winkelgeschwindigkeit bei $60^{\circ}\text{s}^{-1}$ [Nm] re
Bezirksliga	Mittelwert	225,50	255,82	285,50	231,27	215,91	222,30	221,67
	Std.-Abweichung	66,674	48,697	70,689	50,603	50,226	35,889	46,952
Hobbyliga	Mittelwert	212,33	231,00	246,67	195,00	226,50	211,00	215,00
	Std.-Abweichung	40,415	44,677	36,529	50,090	40,305	76,368	77,782
Insgesamt	Mittelwert	222,87	250,50	277,73	223,50	217,54	220,42	220,45
	Std.-Abweichung	61,285	47,359	66,146	50,934	47,470	40,042	48,743

Tabelle 43 Ligabasierte Auswertung der Maximalkraft der Gruppe A

Prozentual erreichten Bezirksligisten einen größeren Effekt des GK-EMS auf die Maximalkraft.

Gruppe A	Absolute mittlere Steigerung	Mittlere prozentuale Steigerung
Bezirksligisten	+ 60,0 Nm	+ 26,6 %
Hobbyligisten	+ 34,34 Nm	+ 16,2 %

Tabelle 44 Absolute und relative Steigerung der Maximalkraft unter Probanden verschiedener Ligazugehörigkeit der Gruppe A (Bezirksligisten +60,0 Nm; + 26,6 % und Hobbyligisten +34,34 Nm; + 16,2 %)



Der ligaabhängige Maximalkraftverlauf ist in Abbildung 56 abgebildet. Beide Ligen der Gruppe A zeigen einen Aufwärtstrend in Periode 1.

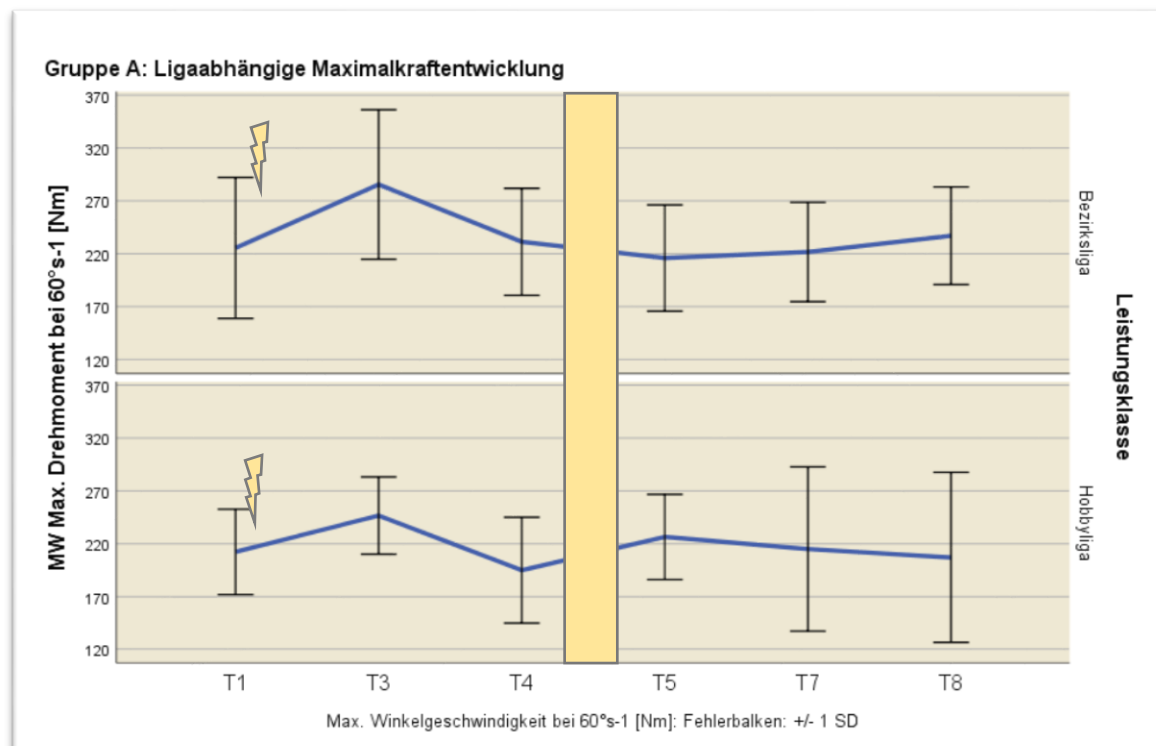


Abbildung 56 Ligabasierte Maximalkraftdarstellung der Gruppe A - Steigerung in Bezirksligisten von 225,50 Nm auf 285,50 Nm und in Hobbyligisten von 212,33 Nm auf 246,67 Nm in Periode 1

### 5.3.2 Ligabezogene Auswertung in Gruppe B

#### Sprungleistung

In Periode 1 sank die Sprungleistung in beiden Ligen ab mit 226 W in der Bezirksliga, respektive 91,1 W in der Hobbyliga. **Bezirksligisten** erreichten in Periode 2 eine mittlere Sprungleistungssteigerung um 15,8 W (+ 0,4 %). In **Hobbyligisten** errechnete sich in Periode 2 eine durchschnittliche Steigerung der Sprungleistung von 274,7 W (+ 7,9 %) (Tab. 46). Die Mittelwerttabelle Tab. 45 gibt Aufschluss über die Sprungleistungsentwicklung in Gruppe B in Bezug auf die Ligazugehörigkeit der Probanden.

		Gruppe B: Ligabezogene Sprungleistungsauswertung							
Leistungsklasse		T1 (BL): Sprungleistun g [kW]	T2: Sprungleistun g [kW]	T3 (OC): Sprungleistun g [kW]	T4: Sprungleistun g [kW]	T5 (BL2): Sprungleistun g [kW]	T6: Sprungleistun g [kW]	T7(OC2): Sprungleistun g [kW]	T8: Sprungleistun g [kW]
Bezirksliga	Mittelwert	4,0803	4,1652	3,8543	3,8550	4,2573	3,9733	4,2731	4,3633
	Std.-Abweichung	,66838	,81632	,55111	,59655	,44859	,30815	,55359	,59210
Hobbyliga	Mittelwert	3,8628	3,7828	3,7717	3,3517	3,4873	3,3807	3,7620	3,6113
	Std.-Abweichung	,74590	,57626	,48627	,29223	,50733	,42425	,35075	,35896
Insgesamt	Mittelwert	3,9715	3,9887	3,8162	3,6720	3,8723	3,6770	4,0408	4,0500
	Std.-Abweichung	,68473	,71480	,50222	,55102	,60706	,46880	,52314	,62292

Tabelle 45 Ligabasierte Sprungleistungsauswertung der Gruppe B

Prozentual überwog der Interventionseffekt in den Hobbyligisten dem der Bezirksligisten.

Gruppe B	Absolute mittlere Steigerung	Mittlere prozentuale Steigerung
Bezirksligisten	+ 15,8 W	+ 0,4 %
Hobbyligisten	+ 274,7 W	+ 7,9 %

Tabelle 46 Absolute und relative Steigerung der Sprungleistung unter Probanden verschiedener Ligazugehörigkeit der Gruppe B (Bezirksligisten +15,8 W; +0,4 % und Hobbyligisten +274,7 W; +7,9 %)

Die Sprungleistungsentwicklung wird in Abbildung 57 verbildlicht.

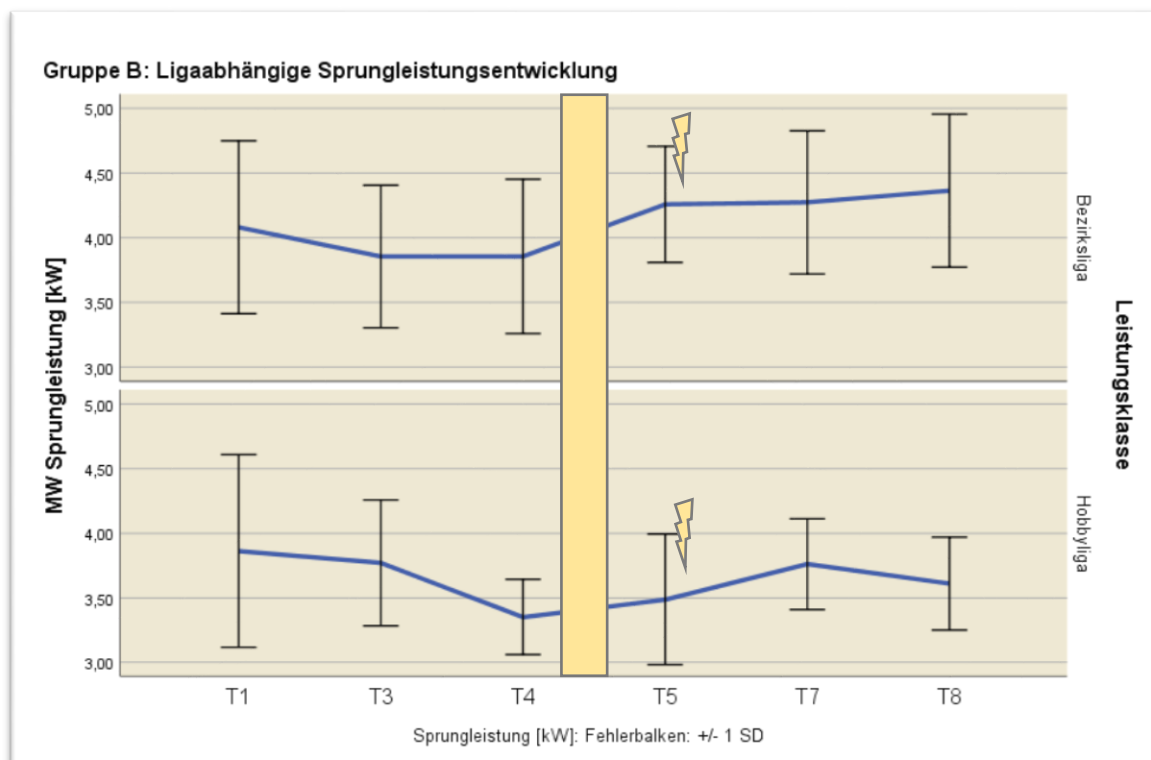


Abbildung 57 Ligabasierte Sprungleistungsdarstellung der Gruppe B - Steigerung in Bezirksligisten von 4,2573 kW auf 4,2731 kW und in Hobbyligisten von 3,4873 kW auf 3,7620 kW in Periode 2

## Sprintzeit

Die Sprintzeit konnte in Periode 1 in beiden Leistungsklassen der Gruppe B gesteigert werden. Bezirksligisten legten die 10 m Strecke um 0,02 s schneller zurück, Hobbyligisten um 0,04 s. **Bezirksligisten** reduzierten die Dauer für den 10 m-Sprint nach Periode 2 um 0,06 s (- 4,1 %). **Hobbyligisten** zeigten eine Reduktion der Sprintzeit um 0,05 s, entsprechend 3,1% (Tab. 48). In Tab. 47 sind die mittleren Werte der Sprintzeit von Gruppe B ligabasiert ablesbar.

Gruppe B: Ligabezogene Sprintzeitauswertung									
Leistungsklasse		T1 (BL): 10m-Sprintzeit [s]	T2: 10m-Sprintzeit [s]	T3 (OC): 10m-Sprintzeit [s]	T4: 10m-Sprintzeit [s]	T5 (BL2): 10m-Sprintzeit [s]	T6: 10m-Sprintzeit [s]	T7 (OC2): 10m-Sprintzeit [s]	T8: 10m-Sprintzeit [s]
Bezirksliga	Mittelwert	1,5029	1,4995	1,4881	1,5114	1,4471	1,4140	1,3881	1,4019
	Std.-Abweichung	,14027	,16723	,15504	,20610	,11649	,13357	,15725	,12751
Hobbyliga	Mittelwert	1,5044	1,4828	1,4672	1,4925	1,5005	1,4653	1,4540	1,4050
	Std.-Abweichung	,07354	,12017	,09125	,03072	,03991	,08231	,07946	,10444
Insgesamt	Mittelwert	1,5036	1,4918	1,4785	1,5045	1,4694	1,4397	1,4156	1,4030
	Std.-Abweichung	,10996	,14169	,12492	,16081	,09348	,10804	,13014	,11415

Tabelle 47 Ligabasierte 10 m-Sprintzeitauswertung der Gruppe B

Teilnehmer der Bezirksliga zeigten eine gravierendere Abnahme ihrer 10 m-Sprintzeit.

Gruppe B	Absolute mittlere Steigerung	Mittlere prozentuale Abnahme
Bezirksligisten	- 0,06 s	- 4,1 %
Hobbyligisten	- 0,05 s	- 3,1 %

Tabelle 48 Absolute und relative Steigerung der Sprintzeit unter Probanden verschiedener Ligazugehörigkeit der Gruppe B (Bezirksligisten -0,06 s; -4,1 % und Hobbyligisten -0,05 s; -3,1 %)

Die ligaabhängige Sprintzeitentwicklung von Gruppe B ist in Abbildung 58 dargestellt.

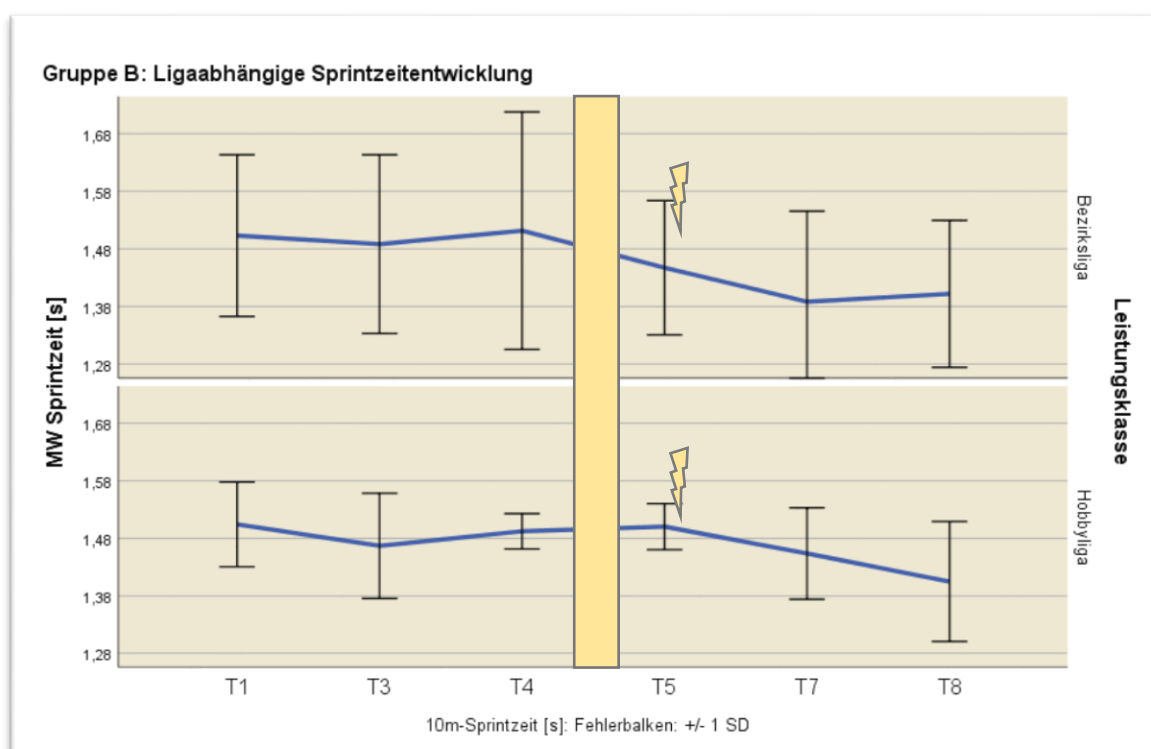


Abbildung 58 Ligabasierte Sprintzeitdarstellung der Gruppe B - Steigerung in Bezirksligisten von 1,4471 s auf 1,3881 s und in Hobbyligisten von 1,5005 s auf 1,4540 s in Periode 2

## Schnellkraft

In Periode 1 steigerten beide Leistungsklassen ihr maximales Drehmoment bei  $300^{\circ}\text{s}^{-1}$  mit 2,29 Nm in Bezirksligisten und 2,4 Nm in Hobbyligisten. In Periode 2 nahm in **Bezirksligisten** die Schnellkraft um 5,17 Nm, respektive 4,1 % zu. **Hobbyligisten** zeigten einen Anstieg derselben um 16,0 Nm (+ 14,0 %) (Tab. 50). Tab. 49 stellt die ligagetrennte Auswertung der Mittelwerte der Schnellkraft in Probanden der Gruppe B dar.

Gruppe B: Ligabezogene Schnellkraftauswertung		T1 (BL): Max. Winkelgeschwindigkeit bei $300^{\circ}\text{s}^{-1}$ [Nm]	T2: Max. Winkelgeschwindigkeit bei $300^{\circ}\text{s}^{-1}$ [Nm]	T3 (OC): Max. Winkelgeschwindigkeit bei $300^{\circ}\text{s}^{-1}$ [Nm]	T4: Max. Winkelgeschwindigkeit bei $300^{\circ}\text{s}^{-1}$ [Nm]	T5 (BL2): Max. Winkelgeschwindigkeit bei $300^{\circ}\text{s}^{-1}$ [Nm]	T6: Max. Winkelgeschwindigkeit bei $300^{\circ}\text{s}^{-1}$ [Nm]	T7 (OC2): Max. Winkelgeschwindigkeit bei $300^{\circ}\text{s}^{-1}$ [Nm]	T8: Max. Winkelgeschwindigkeit bei $300^{\circ}\text{s}^{-1}$ [Nm]
Leistungsklasse		re	re	re	re	re	re	re	re
Bezirksliga	Mittelwert	116,14	131,86	118,43	120,86	127,00	134,40	132,17	134,14
	Std.-Abweichung	14,960	21,114	19,303	17,677	15,706	10,877	13,862	20,554
Hobbyliga	Mittelwert	116,80	107,67	119,20	111,75	114,40	121,00	130,40	125,40
	Std.-Abweichung	12,558	22,975	15,073	14,975	13,183	9,849	14,843	10,310
Insgesamt	Mittelwert	116,42	120,69	118,75	117,55	121,75	129,38	131,36	130,50
	Std.-Abweichung	13,399	24,503	16,912	16,609	15,487	11,975	13,603	17,011

Tabelle 49 Ligabasierte Schnellkraftauswertung der Gruppe B

Hobbyspieler erreichten eine größere Steigerung der Schnellkraft nach GK-EMS-Training.

Gruppe B	Absolute mittlere Steigerung	Mittlere prozentuale Steigerung
Bezirksligisten	+ 5,17 Nm	+ 4,1 %
Hobbyligisten	+ 16,0 Nm	+ 14,0 %

Tabelle 50 Absolute und relative Steigerung der Schnellkraft unter Probanden verschiedener Ligazugehörigkeit der Gruppe B (Bezirksligisten +5,17 Nm; + 4,1 % und Hobbyligisten +16,0 Nm; +14,0 %)

Die Entwicklung der Schnellkraft ist in Abbildung 59 gezeigt.

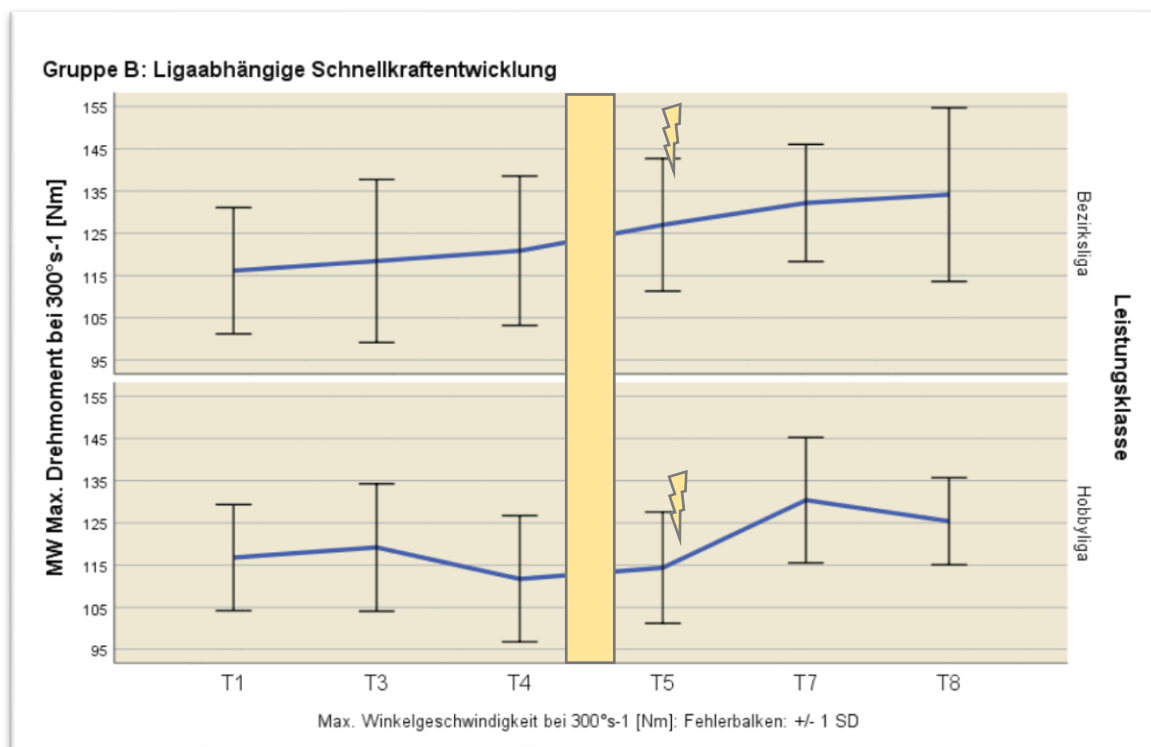


Abbildung 59 Ligabasierte Schnellkraftdarstellung der Gruppe B - Steigerung in Bezirksligisten von 127,00 Nm auf 132,17 Nm und in Hobbyligisten von 114,40 Nm auf 130,40 Nm in Periode 2

## Sprunghöhe

In Periode 1 zeigten Bezirksligaspieler der Gruppe B eine Zunahme der Sprunghöhe von 0,17 cm. Hobbyligisten sprangen an T3 im Mittel um 0,55 cm weniger hoch als an T1. **Bezirksligisten** konnten in Periode 2 mit EMS-Training die Höhe im CMJ um durchschnittlich 0,89 cm (+ 1,6 %) steigern. **Hobbyligisten** erzielten einen Anstieg von 5,94 cm (+ 13,0 %) (Tab. 52). Tab. 51 zeigt ligagetrennte Mittelwerte der Sprunghöhenauswertung von Gruppe B.

		Gruppe B: Ligabezogene Sprunghöhenauswertung							
Leistungsklasse		T1 (BL): Sprunghöhe [m]	T2: Sprunghöhe [m]	T3 (OC): Sprunghöhe [m]	T4: Sprunghöhe [m]	T5 (BL2): Sprunghöhe [m]	T6: Sprunghöhe [m]	T7(OC2): Sprunghöhe [m]	T8: Sprunghöhe [m]
Bezirksliga	Mittelwert	,5150	,5200	,5167	,5029	,5500	,5067	,5589	,5467
	Std.-Abweichung	,07318	,08490	,05280	,05616	,05245	,04365	,05776	,04974
Hobbyliga	Mittelwert	,4967	,4883	,4911	,4483	,4573	,4547	,5167	,4767
	Std.-Abweichung	,05296	,04157	,04129	,01972	,04524	,02244	,02309	,03613
Insgesamt	Mittelwert	,5066	,5054	,5049	,4830	,5079	,4807	,5397	,5175
	Std.-Abweichung	,06275	,06778	,04776	,05259	,06735	,04268	,04866	,05589

Tabelle 51 Ligabasierte Sprunghöhenauswertung der Gruppe B

Hobbyligaspieler erreichten prozentual höhere Ergebnisse.

Gruppe B	Absolute mittlere Steigerung	Mittlere prozentuale Steigerung
Bezirksligisten	+ 0,89 cm	+ 1,6 %
Hobbyligisten	+ 5,94 cm	+ 13,0 %

Tabelle 52 Absolute und relative Steigerung der Sprunghöhe unter Probanden verschiedener Ligazugehörigkeit der Gruppe B (Bezirksligisten +0,89 cm; +1,6 % und Hobbyligisten +5,94 cm; +13,0 %)

Abbildung 60 bildet die ligagetrennte Sprunghöhenentwicklung von Gruppe B ab. Beide Ligen der Gruppe B zeigen einen Aufwärtstrend in Periode 2.

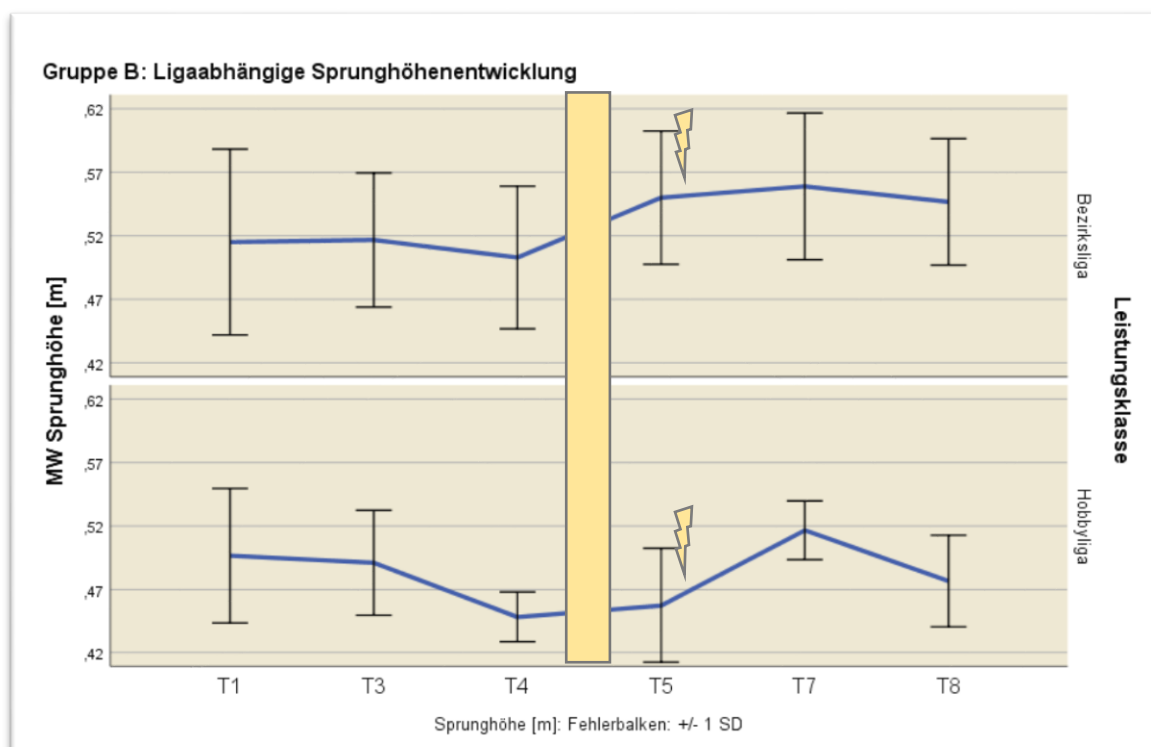


Abbildung 60 Ligabasierte Sprunghöhendarstellung der Gruppe B - Steigerung in Bezirksligisten von 0,5500 m auf 0,5589 m und in Hobbyligisten von 0,4573 m auf 0,5167 m in Periode 2

### Maximalkraft

Die maximale Beinkraft nahm in Periode 1 in beiden Leistungsklassen der Gruppe B zu. Spieler der Bezirksliga verbuchten einen Anstieg von 2,81 Nm, in Hobbyligisten wurde eine Zunahme von 6,15 Nm registriert. In Periode 2 steigerten **Bezirksligisten** ihre Maximalkraft um 11,97 Nm (+ 5,6 %). **Hobbyligisten** erreichten einen mittlere Steigerung von 13,3 Nm (+ 7,3 %) (Tab. 54). Die Übersicht in Tab. 53 stellt ligagetrennt die Mittelwerte der Maximalkraftauswertung von Gruppe B Spielern dar.

Gruppe B: Ligabezogene Maximalkraftauswertung									
		T1 (BL): Max. Winkelgesch windigkeit bei 60°s <sup>-1</sup> [Nm] re	T2: Max. Winkelgesch windigkeit bei 60°s <sup>-1</sup> [Nm] re	T3 (OC): Max. Winkelgesch windigkeit bei 60°s <sup>-1</sup> [Nm] re	T4: Max. Winkelgesch windigkeit bei 60°s <sup>-1</sup> [Nm] re	T5 (BL2): Max. Winkelgesch windigkeit bei 60°s <sup>-1</sup> [Nm] re	T6: Max. Winkelgesch windigkeit bei 60°s <sup>-1</sup> [Nm] re	T7(OC2): Max. Winkelgesch windigkeit bei 60°s <sup>-1</sup> [Nm] re	T8: Max. Winkelgesch windigkeit bei 60°s <sup>-1</sup> [Nm] re
Leistungsklasse									
Bezirksliga	Mittelwert	218,86	240,57	221,67	194,29	211,86	214,80	223,83	226,29
	Std.-Abweichung	41,771	52,188	26,912	34,514	31,556	33,841	30,380	30,170
Hobbyliga	Mittelwert	206,60	212,33	212,75	192,50	180,00	187,67	193,20	190,80
	Std.-Abweichung	39,023	59,409	59,952	13,916	22,215	11,930	42,222	26,518
Insgesamt	Mittelwert	213,75	227,54	218,10	193,64	198,58	204,63	209,91	211,50
	Std.-Abweichung	39,310	55,201	40,270	27,815	31,492	29,871	37,822	32,956

Tabelle 53 Ligabasierte Maximalkraftauswertung der Gruppe B

Prozentual erzielten Hobbyligisten einen größeren Zuwachs der Maximalkraft nach EMS-Training.

Gruppe B	Absolute mittlere Steigerung	Mittlere prozentuale Steigerung
Bezirksligisten	+ 11,97 Nm	+ 5,6 %
Hobbyligisten	+ 13,3 Nm	+ 7,3 %

Tabelle 54 Absolute und relative Steigerung der Maximalkraft unter Probanden verschiedener Ligazugehörigkeit der Gruppe B (Bezirksligisten +11,97 Nm; +5,6 % und Hobbyligisten +13,3 Nm; +7,3 %)

Die ligabezogene Maximalkraftentwicklung von Gruppe B ist in Abbildung 61 dargestellt. Beide Ligen der Gruppe B zeigen einen Aufwärtstrend in Periode 2.

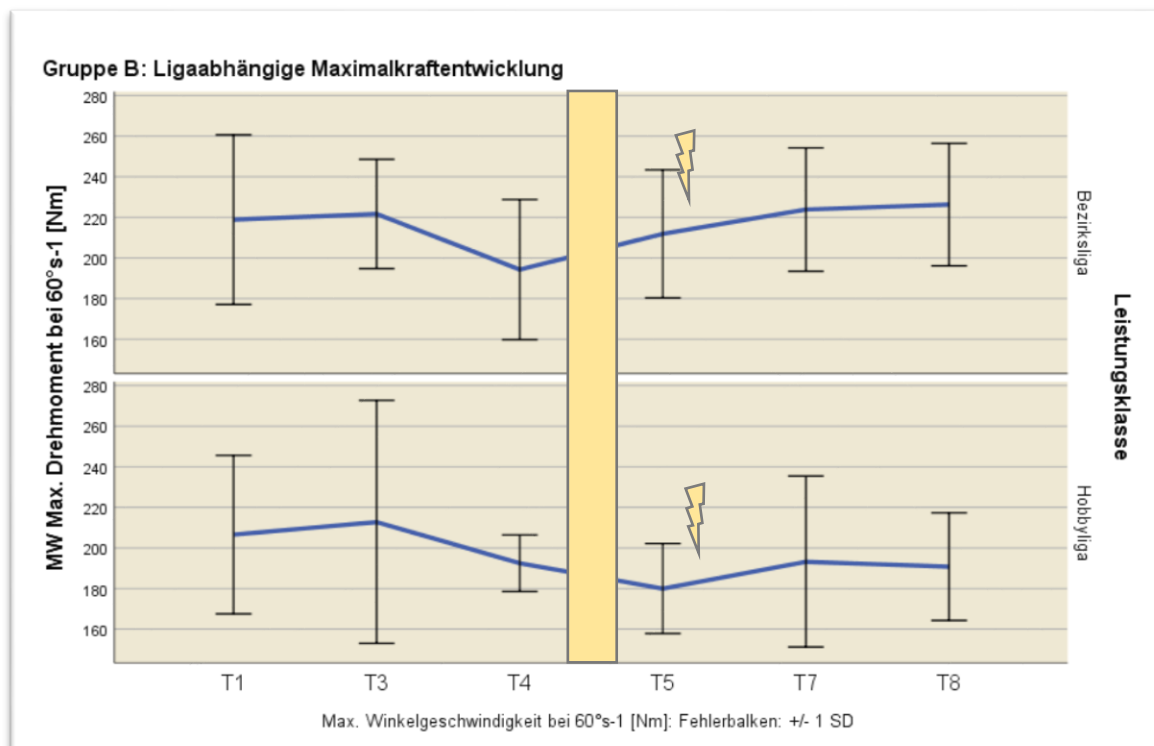


Abbildung 61 Ligabasierte Maximalkraftdarstellung der Gruppe B - Steigerung in Bezirksligisten von 211,86 Nm auf 223,83 Nm und in Hobbyligisten von 180,00 Nm auf 193,20 Nm in Periode 2

### 5.3.3 Resümee

In Gruppe A zeigten Bezirksligisten größere Entwicklungen bei den Variablen Sprungleistung, Schnellkraft und Maximalkraft. Hobbyligisten erreichten in den Zielgrößen Sprintzeit und Sprunghöhe durchschnittlich größere Anstiege. Bezirksligaspieler der Gruppe B sprinteten nach GK-EMS-Training schneller. Teilnehmer der Hobbyliga erzielten höhere Resultate in Sprungleistung, Schnell- und Maximalkraft sowie in der Sprunghöhe.

Parameter	Bezirksliga A	Hobbyliga A	Bezirksliga B	Hobbyliga B
Sprungleistung	<b>+ 6,1 %</b>	+ 4,8 %	+ 0,4 %	<b>+ 7,9 %</b>
Sprintzeit	- 5,1 %	<b>- 11,7 %</b>	<b>- 4,1 %</b>	- 3,1 %
Schnellkraft	<b>+ 7,6%</b>	- 2,9x10 <sup>-3</sup> %	+ 4,1 %	<b>+ 14,0 %</b>
Sprunghöhe	+ 3,0 %	<b>+ 9,0 %</b>	+ 1,6 %	<b>+ 13,0 %</b>
Maximalkraft	<b>+ 26,6 %</b>	+ 16,2 %	+ 5,6 %	<b>+ 7,3 %</b>

Tabelle 55 Vergleich der durchschnittlichen Ergebnisse nach ursprünglicher Gruppenzuteilung und Ligazugehörigkeit. Fett markierte Werte beschreiben die jeweils größere Entwicklung innerhalb der zugeordneten Untergruppe.

Bezirksligisten der Gruppe A zeigten in allen Parametern größere Steigerungen als Spieler der gleichen Liga aus Gruppe B.

	Bezirksliga	
Parameter	Bezirksligisten in Gruppe A	Bezirksligisten in Gruppe B
Sprungleistung	<b>+ 6,1 %</b>	+ 0,4 %
Sprintzeit	<b>- 5,1 %</b>	- 4,1 %
Schnellkraft	<b>+ 7,6%</b>	+ 4,1 %
Sprunghöhe	<b>+ 3,0 %</b>	+ 1,6 %
Maximalkraft	<b>+26,6 %</b>	+ 5,6 %

Tabelle 56 Durchschnittliche Ergebnisse von Probanden der Bezirksliga. Fett markierte Werte beschreiben die jeweils größere Entwicklung innerhalb der zugeteilten Untergruppe.

In der Hobbyliga erzielte Gruppe A höhere relative Ergebnisse in Sprint und Maximalkraft. Gruppe B Teilnehmer derselben Leistungsklasse wiesen größere Entwicklungen in Sprungleistung, Schnellkraft und Sprunghöhe auf.

	Hobbyliga	
Parameter	Hobbyligisten der Gruppe A	Hobbyligisten der Gruppe B
Sprungleistung	+ 4,8 %	<b>+ 7,9 %</b>
Sprintzeit	<b>- 11,7 %</b>	- 3,1 %
Schnellkraft	- 2,9x10 <sup>-3</sup> %	<b>+ 14,0 %</b>
Sprunghöhe	+ 9,0 %	<b>+ 13,0 %</b>
Maximalkraft	<b>+ 16,2 %</b>	+ 7,3 %

Tabelle 57 Durchschnittliche Ergebnisse von Probanden der Hobbyliga. Fett markierte Werte beschreiben die jeweils größere Entwicklung innerhalb der zugeteilten Untergruppe.

Bezirksligisten erzielten höhere Werte in der Maximalkraftauswertung. Hobbyligisten erreichten eine größere Entwicklung in Sprintzeit, Schnellkraft und den Sprungdisziplinen.

	Bezirksliga			Hobbyliga		
Parameter	Gruppe A	Gruppe B	Ø	Gruppe A	Gruppe B	Ø
Sprungleistung	<b>+ 6,1 %</b>	+ 0,4 %	+ 3,25 %	+ 4,8 %	<b>+ 7,9 %</b>	<b>+ 6,35 %</b>
Sprintzeit	<b>- 5,1 %</b>	- 4,1 %	- 4,6 %	<b>- 11,7 %</b>	- 3,1 %	<b>- 7,4 %</b>
Schnellkraft	<b>+ 7,6%</b>	+ 4,1 %	+ 5,85 %	- 2,9x10 <sup>-3</sup> %	<b>+ 14,0 %</b>	<b>+ 7,0 %</b>
Sprunghöhe	<b>+ 3,0 %</b>	+ 1,6 %	+ 2,3 %	+ 9,0 %	<b>+ 13,0 %</b>	<b>+ 11,0 %</b>
Maximalkraft	<b>+ 26,6 %</b>	+ 5,6 %	<b>+ 16,1 %</b>	<b>+ 16,2 %</b>	+ 7,3 %	+ 11,75 %

Tabelle 58 Vergleich der Ergebnisse von Bezirks- und Hobbyligisten beider Gruppen. Fett markierte Werte beschreiben die jeweils größere Entwicklung innerhalb der zugeteilten Untergruppe sowie der Ligaauswertung.

## 5.4 Ergebnisübersicht

Die in den vorherigen Kapiteln beschriebenen Ergebnisse sind in nachfolgender Tabelle aufgelistet. Die Aufstellung beinhaltet jeweils die Ergebnisse beider Gruppen sowie der Untergruppen der Ligazugehörigkeit.

Parameter	Gruppe A		Gruppe B		Mittlere Werte-entwicklung	Signifikanz-niveau
<b>Sprungleistung</b>	<b>+ 5,9 %</b>		<b>+ 4,4 %</b>		+ 5,15 %	p < 0,0425
Bezirks- / Hobbyliga	+ 6,1 %	+ 4,8 %	+ 0,4 %	+ 7,9 %		
<b>Sprintzeit</b>	<b>- 6,3%</b>		<b>- 3,7 %</b>		- 5,0 %	P < 0,0185
Bezirks- / Hobbyliga	- 5,1 %	- 11,7%	- 4,1 %	- 3,1 %		
<b>Schussgeschwindigkeit</b>	<b>- 5,4 x 10<sup>-3</sup> %</b>		<b>- 8,9 x 10<sup>-3</sup> %</b>		± 0 %	P < 0,0135
<b>Schnellkraft</b>	<b>+ 6,1%</b>		<b>+ 7,9 %</b>		+ 7,0 %	p < 0,017
Bezirks- / Hobbyliga	+ 7,6%	- 2,9x10 <sup>-3</sup> %	+ 4,1 %	+ 14,0 %		
<b>Sprunghöhe</b>	<b>+ 4,6%</b>		<b>+ 6,3 %</b>		+ 5,45 %	explorativ
Bezirks- / Hobbyliga	+ 3,0 %	+ 9,0 %	+ 1,6 %	+ 13 %		
<b>Maximalkraft</b>	<b>+ 24,6%</b>		<b>+ 5,7%</b>		+ 15,15 %	explorativ
Bezirks- / Hobbyliga	+ 26,6 %	+ 16,2%	+ 5,6 %	+ 7,3 %		

Tabelle 59 Übersichtliche Zusammenstellung der Ergebnisse nach Studiengruppe und Ligazugehörigkeit sowie der mittleren Werteentwicklung im Laufe der Studie und zugehöriges Signifikanzniveau. Fett markierte Werte beschreiben die jeweilige Entwicklung innerhalb der Studiengruppen A und B nach EMS-Intervention.

## 5.5 Auswertung der Fragebögen

Die Aushändigung und Bearbeitung der Fragebögen fand in beiden Perioden jeweils zur Messung der Baseline- und Outcome-Werte statt. Von den Studienteilnehmern wurden Gewicht, Größe und Umfänge der Extremitäten und der Taille ermittelt. Der Bogen enthielt einen Abschnitt zur Bewertung der Selbsteinschätzung hinsichtlich der Parameterfertigkeiten und weiterer Eishockeydisziplinen sowie zur individuellen Beurteilung von Stimmung, Körperform und Gesamtzufriedenheit. Verletzungen wurden miterfasst.

Grün markierte Werte wurden in der jeweiligen EMS-Periode abgenommen, oder aus diesen errechnet. Die Fragebögen wurden als explorative Variable hinzugefügt und enthalten in deren Auswertung daher keine Aussagen über Signifikanzen.

### 5.5.1 Entwicklung der Körpermaße unter EMS-Einfluss

Gruppe A wies nach GK-EMS in Periode 1 eine Steigerung des Körpergewichts von 1,07 kg auf. Gruppe B-Spieler nahmen etwa diese Veränderung ohne EMS ab (- 1,27 kg). In Periode 2 hielten beide Gruppen ihr Körpergewicht annähernd (Gruppe A: - 0,34 kg; Gruppe B: + 0,01 kg) (Tab. 61.) Das durchschnittliche Körpergewicht der Gruppen zu verschiedenen Zeitpunkten ist in Tab. 60 dargestellt.

Gruppe A	Mittelwert	SD	Gruppe B	Mittelwert	SD
T1 Gewicht [kg]	85,93	13,2	T1 Gewicht [kg]	72,98	6,7
T3 Gewicht [kg]	87,00	14,7	T3 Gewicht [kg]	71,71	7,0
T5 Gewicht [kg]	88,84	15,0	T5 Gewicht [kg]	75,03	6,1
T7 Gewicht [kg]	88,50	15,4	T7 Gewicht [kg]	75,04	5,3

Tabelle 60 Körpergewicht im Verlauf je Gruppe (Gruppe A Periode 1: +1,07 kg, Periode 2: -0,34 kg; Gruppe B Periode 1: -1,27 kg, Periode 2: +0,01 kg)



Gruppe A Periode 1: <b>+1,07 kg</b>	Gruppe B Periode 1: -1,27 kg
Gruppe A Periode 2: -0,34 kg	Gruppe B Periode 2: <b>+0,01 kg</b>

*Tabelle 61 Durchschnittliche Körpergewichtsentwicklung je Gruppe (Gruppe A Periode 1: +1,07 kg, Periode 2: -0,34 kg; Gruppe B Periode 1: -1,27 kg, Periode 2: +0,01 kg)*

In Periode 1 zeigten beiden Gruppen eine Zunahme des Oberschenkelumfangs rechts (Gruppe A: + 2,2 cm; Gruppe B: + 2,3 cm). In Periode 2 wiesen beide Gruppen eine Abnahme des Oberschenkelumfangs der rechten Seite auf (Gruppe A: - 0,7 cm; Gruppe B: - 2,7 cm) (Tab. 63). Der durchschnittliche Oberschenkelumfang rechts zu verschiedenen Zeitpunkten ist in Tab. 62 aufgeführt.

Gruppe A	MW	SD	Gruppe B	MW	SD
T1 Umfang Oberschenkel rechts [cm]	<b>60,4</b>	6,3	T1 Umfang Oberschenkel rechts [cm]	56,2	4,9
T3 Umfang Oberschenkel rechts [cm]	<b>62,6</b>	6,8	T3 Umfang Oberschenkel rechts [cm]	58,5	4,0
T5 Umfang Oberschenkel rechts [cm]	61,5	4,7	T5 Umfang Oberschenkel rechts [cm]	<b>57,9</b>	4,8
T7 Umfang Oberschenkel rechts [cm]	60,8	6,9	T7 Umfang Oberschenkel rechts [cm]	<b>55,2</b>	7,1

*Tabelle 62 Oberschenkelumfang rechts im Verlauf je Gruppe (Gruppe A Periode 1: +2,2 cm, Periode 2: -0,7cm; Gruppe B Periode 1: +2,3 cm, Periode 2: -2,7 cm)*

Gruppe A Periode 1: <b>+2,2cm</b>	Gruppe B Periode 1: +2,3cm
Gruppe A Periode 2: -0,7cm	Gruppe B Periode 2: <b>-2,7cm</b>

*Tabelle 63 Durchschnittliche Oberschenkelumfangsentwicklung rechts je Gruppe (Gruppe A Periode 1: +2,2 cm, Periode 2: -0,7cm; Gruppe B Periode 1: +2,3 cm, Periode 2: -2,7 cm)*

In beiden Gruppen zeichnete sich in Periode 1 eine Umfangszunahme des linken Oberschenkels ab (Gruppe A: + 1,8 cm; Gruppe B: + 1,6 cm). Nach Periode 2 wiesen beide Gruppen eine Abnahme des linken Oberschenkelumfangs (Gruppe A: - 2,6 cm; Gruppe B: - 0,9 cm). Richtung und Größe der Umfangsveränderung entsprachen etwa denen des rechten Oberschenkels (Tab. 65). Der durchschnittliche Oberschenkelumfang links zu verschiedenen Zeitpunkten ist in Tab. 64 aufgeführt.

Gruppe A	MW	SD	Gruppe B	MW	SD
T1 Umfang Oberschenkel links [cm]	<b>60,3</b>	6,6	T1 Umfang Oberschenkel links [cm]	56,2	4,5
T3 Umfang Oberschenkel links [cm]	<b>62,1</b>	6,1	T3 Umfang Oberschenkel links [cm]	57,8	4,5
T5 Umfang Oberschenkel links [cm]	61,3	4,8	T5 Umfang Oberschenkel links [cm]	<b>57,5</b>	4,6
T7 Umfang Oberschenkel links [cm]	60,4	6,9	T7 Umfang Oberschenkel links [cm]	<b>54,9</b>	6,9

*Tabelle 64 Oberschenkelumfang links im Verlauf je Gruppe (Gruppe A Periode 1: +1,8 cm, Periode 2: -0,9 cm; Gruppe B Periode 1: +1,6 cm, Periode 2: -2,6 cm)*

Gruppe A Periode 1: <b>+1,8 cm</b>	Gruppe B Periode 1: +1,6 cm
Gruppe A Periode 2: -0,9 cm	Gruppe B Periode 2: <b>-2,6 cm</b>

*Tabelle 65 Durchschnittliche Oberschenkelumfangsentwicklung links je Gruppe (Gruppe A Periode 1: +1,8 cm, Periode 2: -0,9 cm; Gruppe B Periode 1: +1,6 cm, Periode 2: -2,6 cm)*

Während des EMS-Zeitraums, zeigten die Spieler im Mittel eine Zunahme des Oberarmumfangs rechts (Gruppe A: + 0,3 cm; Gruppe B: + 2,3 cm). Ohne Intervention nahm der Oberarmumfang rechts in beiden Gruppen um 0,4 cm ab (Tab. 67). Der durchschnittliche Umfang des rechten Oberarms zu verschiedenen Zeitpunkten ist in Tab. 66 aufgeführt.

Gruppe A	MW	SD	Gruppe B	MW	SD
T1 Umfang Oberarm rechts [cm]	36,7	3,4	T1 Umfang Oberarm rechts [cm]	34,4	2,1
T3 Umfang Oberarm rechts [cm]	37,0	3,3	T3 Umfang Oberarm rechts [cm]	34,0	2,0
T5 Umfang Oberarm rechts [cm]	37,2	3,6	T5 Umfang Oberarm rechts [cm]	35,3	2,5
T7 Umfang Oberarm rechts [cm]	36,8	3,9	T7 Umfang Oberarm rechts [cm]	37,6	7,4

Tabelle 66 Oberarmumfang rechts im Verlauf je Gruppe (Gruppe A Periode 1: +0,3 cm, Periode 2: -0,4cm; Gruppe B Periode 1: -0,4 cm, Periode 2: +2,3 cm)

Gruppe A Periode 1: +0,3 cm	Gruppe B Periode 1: -0,4 cm
Gruppe A Periode 2: -0,4 cm	Gruppe B Periode 2: +2,3 cm

Tabelle 67 Durchschnittliche Oberarmumfangsentwicklung rechts je Gruppe (Gruppe A Periode 1: +0,3 cm, Periode 2: -0,4cm; Gruppe B Periode 1: -0,4 cm, Periode 2: +2,3 cm)

Nach Intervention zeigten die Spieler eine Zunahme des linken Oberarmumfangs (Gruppe A: + 0,4 cm; Gruppe B: + 2,6 cm). Ohne Intervention nahm der Oberarmumfang links in beiden Gruppen ab (Gruppe A: - 1,0 cm; Gruppe B: - 0,6 cm). Entwicklungsrichtung und Ausmaß der Oberarmwerte entsprachen der Aufstellung des rechten Oberarms (Tab. 69). Der durchschnittliche Umfang des linken Oberarms zu verschiedenen Zeitpunkten ist in Tab. 68 aufgeführt.

Gruppe A	MW	SD	Gruppe B	MW	SD
T1 Umfang Oberarm links [cm]	36,2	3,5	T1 Umfang Oberarm links [cm]	34,2	2,1
T3 Umfang Oberarm links [cm]	36,6	3,3	T3 Umfang Oberarm links [cm]	33,6	2,0
T5 Umfang Oberarm links [cm]	37,0	3,4	T5 Umfang Oberarm links [cm]	34,6	2,2
T7 Umfang Oberarm links [cm]	36,0	3,6	T7 Umfang Oberarm links [cm]	37,2	7,6

Tabelle 68 Oberarmumfang links im Verlauf je Gruppe (Gruppe A Periode 1: +0,4 cm, Periode 2: -1,0cm; Gruppe B Periode 1: -0,6 cm, Periode 2: +2,6 cm)

Gruppe A Periode 1: +0,4 cm	Gruppe B Periode 1: -0,6 cm
Gruppe A Periode 2: -1,0 cm	Gruppe B Periode 2: +2,6 cm

Tabelle 69 Durchschnittliche Oberarmumfangsentwicklung links je Gruppe (Gruppe A Periode 1: +0,4 cm, Periode 2: -1,0cm; Gruppe B Periode 1: -0,6 cm, Periode 2: +2,6 cm)

Gruppe A-Spieler zeigten nach GK-EMS eine Steigerung von des Taillenumfangs von 2,8 cm, Gruppe B-Spieler zeigten eine Reduktion desselben nach GK-EMS Anwendung um -0,6 cm. Beide Gruppen wiesen in der jeweiligen Kontrollperiode keine Änderung des Taillenumfangs auf. (Tab. 71). In Tab. 70 sind die durchschnittlichen Taillenumfänge im Laufe der Studie aufgelistet.

Gruppe A:	MW	SD	Gruppe B:	MW	SD
T1 Umfang Taille [cm]	91,1	9,4	T1 Umfang Taille [cm]	86,5	8,5
T3 Umfang Taille [cm]	93,9	8,9	T3 Umfang Taille [cm]	86,5	8,8
T5 Umfang Taille [cm]	93,5	10,0	T5 Umfang Taille [cm]	86,3	8,8
T7 Umfang Taille [cm]	93,5	10,5	T7 Umfang Taille [cm]	85,7	5,2

Tabelle 70 Taillenumfang im Verlauf je Gruppe (Gruppe A Periode 1: +2,8 cm, Periode 2: +/- 0 cm; Gruppe B Periode 1: +/- 0 cm, Periode 2: -0,6 cm)

Gruppe A Periode 1: +2,8 cm	Gruppe B Periode 1: +/- 0 cm
Gruppe A Periode 2: +/- 0 cm	Gruppe B Periode 2: -0,6 cm

Tabelle 71 Durchschnittliche Taillenumfangsentwicklung je Gruppe (Gruppe A Periode 1: +2,8 cm, Periode 2: +/- 0 cm; Gruppe B Periode 1: +/- 0 cm, Periode 2: -0,6 cm)

### 5.5.2 Selbsteinschätzung

Die Spieler trugen auf einer Punkteskala von 1-10 aufsteigend die subjektive Bewertung ihrer Fähigkeiten und Eigenschaften ein. Die Werte, die während der jeweiligen EMS-Phase abgenommen und daraus errechnet wurden, sind im Folgenden grün markiert.

Die subjektive Sprintfähigkeit stieg nach der GK-EMS-Phase in Gruppe A um + 1,06 Punkte und um + 1,08 Punkte in Gruppe B. Ohne GK-EMS betrug die Änderung + 1,0 Punkte in Gruppe A und + 0,46 Punkte in Gruppe B.

Gruppe A	MW	Gruppe B	MW
T1 Selbsteinschätzung Sprintfähigkeit	5,27	T1 Selbsteinschätzung Sprintfähigkeit	6,00
T3 Selbsteinschätzung Sprintfähigkeit	6,33	T3 Selbsteinschätzung Sprintfähigkeit	6,46
T5 Selbsteinschätzung Sprintfähigkeit	6,21	T5 Selbsteinschätzung Sprintfähigkeit	6,50
T7 Selbsteinschätzung Sprintfähigkeit	7,21	T7 Selbsteinschätzung Sprintfähigkeit	7,58

Tabelle 72 Selbsteinschätzung der Sprintfähigkeit (Gruppe A Periode 1: +1,06 P., Periode 2: +1,0 P.; Gruppe B Periode 1: +0,46 P., Periode 2: +1,08 P.)

Gruppe A Periode 1: +1,06 Punkte	Gruppe B Periode 1: +0,46 Punkte
Gruppe A Periode 2: +1,0 Punkte	Gruppe B Periode 2: +1,08 Punkte

Tabelle 73 Durchschnittliche Entwicklung der subjektiven Sprintfähigkeit je Gruppe (Gruppe A Periode 1: +1,06 P., Periode 2: +1,0 P.; Gruppe B Periode 1: +0,46 P., Periode 2: +1,08 P.)

Die subjektive Schussgeschwindigkeit von Gruppe A steigerte sich mit und ohne EMS-Training um + 0,93 Punkte nach der jeweiligen Periode. Gruppe B schätzte ihre Schussgeschwindigkeit nach Periode 1 um + 0,61 Punkte und nach EMS-Training um + 1,08 Punkte schneller ein.

Gruppe A	MW	Gruppe B	MW
T1 Selbsteinschätzung Schussgeschwindigkeit	5,47	T1 Selbsteinschätzung Schussgeschwindigkeit	4,77
T3 Selbsteinschätzung Schussgeschwindigkeit	6,40	T3 Selbsteinschätzung Schussgeschwindigkeit	5,38
T5 Selbsteinschätzung Schussgeschwindigkeit	6,64	T5 Selbsteinschätzung Schussgeschwindigkeit	5,75
T7 Selbsteinschätzung Schussgeschwindigkeit	7,57	T7 Selbsteinschätzung Schussgeschwindigkeit	6,83

Tabelle 74 Selbsteinschätzung der Schussgeschwindigkeit (Gruppe A Periode 1: +0,93 P., Periode 2: +0,93 P.; Gruppe B Periode 1: +0,61 P., Periode 2: +1,08 P.)

Gruppe A Periode 1: +0,93 Punkte	Gruppe B Periode 1: +0,61 Punkte
Gruppe A Periode 2: +0,93 Punkte	Gruppe B Periode 2: +1,08 Punkte

Tabelle 75 Durchschnittliche Entwicklung der subjektiven Schussgeschwindigkeit je Gruppe (Gruppe A Periode 1: +0,93 P., Periode 2: +0,93 P.; Gruppe B Periode 1: +0,61 P., Periode 2: +1,08 P.)

Nach GK-EMS Training beurteilt Gruppe A ihr Sprungvermögen um + 0,86 Punkte, Gruppe B um + 1,25 Punkte gebessert. Ohne GK-EMS schätzte Gruppe A ihre Sprungfähigkeiten durchschnittlich um + 0,67 Punkte besser, Gruppe B bewertete ihre Sprungfertigkeiten um + 0,3 Punkte gestiegen.

Gruppe A	MW	Gruppe B	MW
T1 Selbsteinschätzung Sprungperformance	5,07	T1 Selbsteinschätzung Sprungperformance	5,46
T3 Selbsteinschätzung Sprungperformance	5,93	T3 Selbsteinschätzung Sprungperformance	5,77
T5 Selbsteinschätzung Sprungperformance	6,54	T5 Selbsteinschätzung Sprungperformance	6,58
T7 Selbsteinschätzung Sprungperformance	7,21	T7 Selbsteinschätzung Sprungperformance	7,83

Tabelle 76 Selbsteinschätzung der Sprungperformance (Gruppe A Periode 1: +0,86 P., Periode 2: +0,67 P.; Gruppe B Periode 1: +0,31 P., Periode 2: +1,25 P.)

Gruppe A Periode 1: <b>+0,86 Punkte</b>	Gruppe B Periode 1: +0,31 Punkte
Gruppe A Periode 2: +0,67 Punkte	Gruppe B Periode 2: <b>+1,25 Punkte</b>

Tabelle 77 Durchschnittliche Entwicklung der subjektiven Sprungperformance je Gruppe (Gruppe A Periode 1: +0,86 P., Periode 2: +0,67 P.; Gruppe B Periode 1: +0,31 P., Periode 2: +1,25 P.)

Nach dem GK-EMS-Training beurteilte Gruppe A die maximale Beinkraft um +0,72 Punkte gestiegen, ohne EMS-Anwendung um +0,79 Punkte. Gruppe B bewertete die Beinkraft nach Periode 1 um + 0,17 Punkte höher, nach GK-EMS beurteilten sie ihre Beinkraft um +0,5 Punkte gestiegen.

Gruppe A	MW	Gruppe B	MW
T1 Selbsteinschätzung Beinkraft	<b>5,64</b>	T1 Selbsteinschätzung Beinkraft	5,58
T3 Selbsteinschätzung Beinkraft	<b>6,36</b>	T3 Selbsteinschätzung Beinkraft	5,75
T5 Selbsteinschätzung Beinkraft	6,71	T5 Selbsteinschätzung Beinkraft	<b>6,83</b>
T7 Selbsteinschätzung Beinkraft	7,50	T7 Selbsteinschätzung Beinkraft	<b>7,33</b>

Tabelle 78 Selbsteinschätzung der Beinkraft (Gruppe A Periode 1: +0,72 P., Periode 2: +0,79 P.; Gruppe B Periode 1: +0,17 P., Periode 2: +0,5 P.)

Gruppe A Periode 1: <b>+0,72 Punkte</b>	Gruppe B Periode 1: +0,17 Punkte
Gruppe A Periode 2: +0,79 Punkte	Gruppe B Periode 2: <b>+0,5 Punkte</b>

Tabelle 79 Durchschnittliche Entwicklung der subjektiven Beinkraft je Gruppe (Gruppe A Periode 1: +0,72 P., Periode 2: +0,79 P.; Gruppe B Periode 1: +0,17 P., Periode 2: +0,5 P.)

Die Wahrnehmung der Körperform wurde in Gruppe A nach der EMS Periode um + 0,8 Punkte und um + 0,36 Punkte nach Periode 2 verbessert eingeschätzt. In Gruppe B zeigte sich ein Anstieg um + 0,38 Punkte in Periode 1, nach GK-EMS-Intervention bewerteten sich die Spieler um + 1,17 Punkte zufriedener.

Gruppe A	MW	Gruppe B	MW
T1 Selbsteinschätzung Körperform	<b>5,40</b>	T1 Selbsteinschätzung Körperform	5,08
T3 Selbsteinschätzung Körperform	<b>6,20</b>	T3 Selbsteinschätzung Körperform	5,46
T5 Selbsteinschätzung Körperform	6,50	T5 Selbsteinschätzung Körperform	<b>6,00</b>
T7 Selbsteinschätzung Körperform	6,86	T7 Selbsteinschätzung Körperform	<b>7,17</b>

Tabelle 80 Selbsteinschätzung der Körperform (Gruppe A Periode 1: +0,8 P., Periode 2: +0,36 P.; Gruppe B Periode 1: +0,38 P., Periode 2: +1,17 P.)

Gruppe A Periode 1: <b>+0,8 Punkte</b>	Gruppe B Periode 1: +0,38 Punkte
Gruppe A Periode 2: +0,36 Punkte	Gruppe B Periode 2: +1,17 Punkte

Tabelle 81 Durchschnittliche Entwicklung der subjektiven Körperform je Gruppe (Gruppe A Periode 1: +0,8 P., Periode 2: +0,36 P.; Gruppe B Periode 1: +0,38 P., Periode 2: +1,17 P.)

Das individuelle Fitnessempfinden nahm nach GK-EMS in Gruppe A um 1 Punkt zu. Gruppe B schätzte ihre Fitness um + 0,15 Punkte gebessert ein. Ohne EMS-Training gab Gruppe A an, sich um + 0,65 Punkte und Gruppe B um + 1,34 Punkte leistungsfähiger zu fühlen.

Gruppe A	MW	Gruppe B	MW
T1 Selbsteinschätzung Fitness	<b>5,53</b>	T1 Selbsteinschätzung Fitness	6,00
T3 Selbsteinschätzung Fitness	<b>6,53</b>	T3 Selbsteinschätzung Fitness	6,15

T5 Selbsteinschätzung Fitness	7,14	T5 Selbsteinschätzung Fitness	6,33
T7 Selbsteinschätzung Fitness	7,79	T7 Selbsteinschätzung Fitness	7,67

Tabelle 82 Selbsteinschätzung der Fitness (Gruppe A Periode 1: +1,0 P., Periode 2: +0,65 P.; Gruppe B Periode 1: +0,15 P., Periode 2: +1,34 P.)

Gruppe A Periode 1: +1,0 Punkte	Gruppe B Periode 1: +0,15 Punkte
Gruppe A Periode 2: +0,65 Punkte	Gruppe B Periode 2: +1,34 Punkte

Tabelle 83 Durchschnittliche Entwicklung der subjektiven Fitness je Gruppe (Gruppe A Periode 1: +1,0 P., Periode 2: +0,65 P.; Gruppe B Periode 1: +0,15 P., Periode 2: +1,34 P.)

Gruppe A bewertet ihre Stimmung nach GK-EMS-Intervention um 0,14 Punkte und ohne GK-EMS um 0,43 Punkte gestiegen. Gruppe B gibt die Stimmung nach Periode 1 mit - 0,16 Punkte und nach EMS-um 1,0 Punkte gehoben an.

Gruppe A	MW	Gruppe B	MW
T1 Selbsteinschätzung Stimmung	7,53	T1 Selbsteinschätzung Stimmung	8,08
T3 Selbsteinschätzung Stimmung	7,67	T3 Selbsteinschätzung Stimmung	7,92
T5 Selbsteinschätzung Stimmung	8,07	T5 Selbsteinschätzung Stimmung	7,50
T7 Selbsteinschätzung Stimmung	8,50	T7 Selbsteinschätzung Stimmung	8,50

Tabelle 84 Selbsteinschätzung der Stimmung (Gruppe A Periode 1: +0,14 P., Periode 2: +0,43 P.; Gruppe B Periode 1: -0,16 P., Periode 2: +1,0 P.)

Gruppe A Periode 1: +0,14 Punkte	Gruppe B Periode 1: -0,16 Punkte
Gruppe A Periode 2: +0,43 Punkte	Gruppe B Periode 2: +1,0 Punkte

Tabelle 85 Durchschnittliche Entwicklung der subjektiven Stimmung je Gruppe (Gruppe A Periode 1: +0,14 P., Periode 2: +0,43 P.; Gruppe B Periode 1: -0,16 P., Periode 2: +1,0 P.)

Die Sicherheit auf dem Eis, betreffend Geschick und Standhaftigkeit, wurde von Gruppe A nach GK-EMS mit +0,53 Punkten bewertet. Nach Periode 2 wurde ein mittlerer Zuwachs von +0,21 Punkten angegeben. Gruppe B befand ihre Sicherheit auf dem Eis nach Periode 2 um + 0,16 Punkte, nach GK-EMS-Training um +1,09 Punkte gestiegen.

Gruppe A	MW	Gruppe B	MW
T1 Selbsteinschätzung Sicherheit auf dem Eis	6,87	T1 Selbsteinschätzung Sicherheit auf dem Eis	6,67
T3 Selbsteinschätzung Sicherheit auf dem Eis	7,40	T3 Selbsteinschätzung Sicherheit auf dem Eis	6,83
T5 Selbsteinschätzung Sicherheit auf dem Eis	7,79	T5 Selbsteinschätzung Sicherheit auf dem Eis	7,08
T7 Selbsteinschätzung Sicherheit auf dem Eis	8,00	T7 Selbsteinschätzung Sicherheit auf dem Eis	8,17

Tabelle 86 Selbsteinschätzung der Sicherheit auf dem Eis (Gruppe A Periode 1: +0,53 P., Periode 2: +0,21 P.; Gruppe B Periode 1: +0,16 P., Periode 2: +1,09 P.)

Gruppe A Periode 1: +0,53 Punkte	Gruppe B Periode 1: +0,16 Punkte
Gruppe A Periode 2: +0,21 Punkte	Gruppe B Periode 2: +1,09 Punkte

Tabelle 87 Durchschnittliche Entwicklung der subjektiven Sicherheit auf dem Eis je Gruppe (Gruppe A Periode 1: +0,53 P., Periode 2: +0,21 P.; Gruppe B Periode 1: +0,16 P., Periode 2: +1,09 P.)

Gruppe A schätzte nach GK-EMS ihre Körper- und Rumpfstabilität um +1,0 Punkte höher, nach Periode 2 sank die Beurteilung der Stabilität um -0,15 Punkte. Gruppe B zeigte einen Zuwachs um +0,31 Punkte ohne EMS, beziehungsweise +1,09 Punkte nach EMS-Training.

Gruppe A	MW	Gruppe B	MW
T1 Selbsteinschätzung Stabilität	6,13	T1 Selbsteinschätzung Stabilität	6,23
T3 Selbsteinschätzung Stabilität	7,13	T3 Selbsteinschätzung Stabilität	6,54
T5 Selbsteinschätzung Stabilität	7,36	T5 Selbsteinschätzung Stabilität	6,83
T7 Selbsteinschätzung Stabilität	7,21	T7 Selbsteinschätzung Stabilität	7,92

Tabelle 88 Selbsteinschätzung der Stabilität (Gruppe A Periode 1: +1,0 P., Periode 2: -0,15 P.; Gruppe B Periode 1: +0,31 P., Periode 2: +1,09 P.)

Gruppe A Periode 1: +1,0 Punkte	Gruppe B Periode 1: +0,31 Punkte
Gruppe A Periode 2: -0,15 Punkte	Gruppe B Periode 2: +1,09 Punkte

Tabelle 89 Durchschnittliche Entwicklung der subjektiven Stabilität je Gruppe (Gruppe A Periode 1: +1,0 P., Periode 2: -0,15 P.; Gruppe B Periode 1: +0,31 P., Periode 2: +1,09 P.)

Die allgemeine Zufriedenheit hinsichtlich Trainingserfolg, Selbstwirksamkeit und Körpergefühl sowie Stimmung wurde in Gruppe A ohne GK-EMS um 0,36 % und nach GK-EMS-Training um 5,64 % höher bewertet. Für Gruppe B errechnete sich in beiden Perioden ein Zuwachs von 6,15 %.

Gruppe A	MW	Gruppe B	MW
T1 Aktuelle Zufriedenheit in %	73,57	T1 Aktuelle Zufriedenheit in %	75,18
T3 Aktuelle Zufriedenheit in %	79,21	T3 Aktuelle Zufriedenheit in %	81,33
T5 Aktuelle Zufriedenheit in %	83,00	T5 Aktuelle Zufriedenheit in %	81,75
T7 Aktuelle Zufriedenheit in %	83,36	T7 Aktuelle Zufriedenheit in %	87,90

Tabelle 90 Gesamtzufriedenheit in Prozent (Gruppe A Periode 1: +5,64 P., Periode 2: +0,36 P.; Gruppe B Periode 1: +6,15 P., Periode 2: +6,15 P.)

Gruppe A Periode 1: +5,64 %	Gruppe B Periode 1: +6,15 %
Gruppe A Periode 2: +0,36 %	Gruppe B Periode 2: +6,15 %

Tabelle 91 Durchschnittliche Entwicklung der subjektiven Gesamtzufriedenheit je Gruppe (Gruppe A Periode 1: +5,64 P., Periode 2: +0,36 P.; Gruppe B Periode 1: +6,15 P., Periode 2: +6,15 P.)

### 5.5.3 Verletzungen

**Prä interventionem:** In den Fragebögen wurden unter anderem Verletzungen erhoben, die vor dem EMS-Training stattfanden. Es wurden keine Kindheitstraumen mitgewertet. Zweimal wurde eine Commotio beschrieben; In der Knieregion wurden die meisten Verletzungen beklagt: Dreimal Knieverletzung nicht näher bezeichnet, viermal Kreuzbandriss (einmal davon hinteres Kreuzband), dreimal Innenbandriss, einmal Außenbandriss und einmal Meniskusläsion. Einmal wurde von einer Schienbeinfraktur berichtet. Am oberen Sprunggelenk wurde viermal ein Bänderriss angegeben, einmal eine Fußläsion nicht näher bezeichnet. An der oberen Extremität werden dreimal Schulterbandrisse oder -läsionen beschrieben, einmal Schulterbruch und einmal Schulter-OP nicht näher bezeichnet sowie einmal Claviculafraktur und Bizepssehnenriss. An der Ellenbogenregion wird zweimal eine Bursitis mit Entfernung beklagt, einmal wird eine Mittelhandläsion erfasst.

**Während des EMS-Trainings:** Während der Studie kam es bei vier Sportlern zu nicht-EMS-bezogenen Verletzungen, davon an der unteren Extremität: Innenbandriss Knie, zweimal Meniskusriss Knie sowie Patellarsehnenentzündung. Ein Sportler verzeichnete eine Handgelenkfraktur.



## 6. Diskussion

Ziel dieser Studie war es, zu untersuchen, ob GK-EMS die sportlichen Fähigkeiten von Eishockeyspielern auf Freizeitniveau in unterschiedlichen Leistungsklassen verbessern und zur Verletzungsprophylaxe beitragen kann. Hierzu wurde der Trainingseffekt in den beiden Gruppen im Cross-Over-Design untersucht sowie die Auswirkung in Bezug auf die Ligazugehörigkeit ausgewertet.

In unserer Studie zeigte ein 12-wöchiges GK-EMS-Training neben dem normalen Eishockeytraining von Freizeitspielern eine signifikante Steigerung der Sprungleistung und Schnellkraft sowie eine signifikante Reduktion der Sprintzeit. Die Schussgeschwindigkeit wies keine signifikanten Veränderungen nach EMS-Training auf. In Sprunghöhe und Maximalkraft zeigten sich als explorative Variablen beiderseits Zunahmen der Werte.

### 6.1 Versuchsmodell

Durch das verwendete Cross-Over-Design konnte mit der Probandenzahl von 30 Teilnehmern eine im Vergleich höhere Aussagekraft erzielt werden, als mit einer einfacheren Vorher-Nachher-Studie, wie sie es auch bei Brocherie et al., der bislang einzigen Studie zum Effekt von (lokaler) EMS bei Eishockeyspielern, Anwendung fand [74]. Diese Studie diente als Orientierung für Fallzahlschätzung und Studiendesign, ist allerdings nicht direkt vergleichbar, weil dort Leistungssportler einbezogen wurden, deren körperliches Trainingsniveau sich von dem der Freizeitsportler gewöhnlich erheblich unterscheidet. Jedoch stellte der längere zeitliche Aufwand unserer Studie eine Herausforderung bezüglich der Aufrechterhaltung der Motivation und der zeitlichen Integration der Trainings und der Messungen da (Die Teilnehmer hatten 8 Messtermine á 2-3 Tage jeweils an einem Wochenende, einschließlich der Fahrten zur Isokinetik-Messung, zusätzlich der Fahrtzeit in die Eishalle plus 12 Trainingseinheiten pro Teilnehmer am Abend). Dem zuschulden erschienen beispielsweise an T6 nicht ausreichend Teilnehmer um eine Power von 90% zu erreichen. Die Compliance wäre vermutlich bei einer kürzeren Vorher-Nachher-Studie höher ausgefallen, der zu erwartende Trainingseffekt wäre aber deutlich geringer gewesen.

Die zeitliche Integration eines hochintensiven Krafttrainings in die Trainingsroutine von Sportlern ist kompliziert. Hochintensives Training benötigt ausreichende Regenerationsphasen [64, 69]. Die Intention war es, das GK-EMS Training frühestmöglich nach einem Spiel und mit ausreichend Abstand zum nächsten Training oder Spiel in den Trainingsplan zu integrieren. Oftmals war das GK-EMS Training deshalb nur nach dem offiziellen Eishockeytraining möglich. Durch den daher größeren Erschöpfungszustand ist vermutlich das Öfteren eine geringere Leistung und deswegen auch ein geringerer Effekt des EMS-Trainings erbracht worden. Beispielsweise wird geraten das Schnellkrafttraining immer in unermüdetem Zustand zu absolvieren, da der Trainingseffekt sonst schwächer ausfallen würde [96]. Zwei Spieler erhielten die EMS Anwendungen zudem aufgrund zeitlicher Gegebenheiten mit Nichteinhalten eines Ruhetags, woraus hier theoretisch eine weitere Reduktion des Trainingserfolges resultieren könnte.

Die französische Vergleichsstudie mit lokaler EMS im Vorher-Nachher-Design arbeitete mit 17 Probanden und einer kürzeren Impulsbreite von 250  $\mu$ s. Die restlichen Stimulationsmodi waren identisch: Impulsdauer 4 s, Impulsfrequenz 85 Hz. Bis auf die Schussgeschwindigkeit wurden die auch in unserer Studie verwendeten Variablen erhoben. Das EMS-Training belief sich auf einen kürzeren Zeitraum von drei Wochen mit jeweils drei Einheiten pro Woche á 12 min [74]. Die generell empfohlene **Eingewöhnungsphase** für EMS Einsteiger wurde nicht eingehalten. Es sollte dabei innerhalb der ersten 8-10 Wochen nur einmal wöchentlich mit EMS trainiert werden [97]. Außerdem

zeigte sich auch in einer vorhergehenden Studie der vorteilhafte Effekt auf die körperliche Leistungsfähigkeit von nur einer EMS-Einheit pro Woche [65].

## 6.2 Parameterentwicklung, Methodenauswahl und Trainingsmodus

### 6.2.1 Sprungleistung und -höhe

Die Sportler zeigten eine signifikante Verbesserung der **Sprungleistung** nach GK-EMS-Training ( $p < 0,0425$ ). Die durchschnittliche Steigerung betrug + 5,15 % (+ 210 W). Für diesen Parameter war im Studienprotokoll ein relevanter Unterschied von + 4 W definiert worden. Dieser wurde in beiden Gruppen erreicht (Gruppe A: + 251,5 W; + 5,9 %; Gruppe B: + 168,5 W; + 4,4 %) (Tab. 16, Abb. 34). Das Ergebnis trägt somit eine Power = 90%.

Die **Sprunghöhe** wurde als rein explorative Variable erfasst. Die durchschnittliche Steigerung der Sprunghöhe nach GK-EMS betrug 5,45 % (+ 2,67 cm). Der zu zeigende Unterschied von + 2,4 cm wurde in Gruppe A knapp nicht erreicht (Gruppe A: + 2,16 cm; + 4,6 %). Gruppe B gelang eine ausreichende Verbesserung nach der 2. Periode (Gruppe B: + 3,18 cm; + 6,3 %). (Tab. 29, Abb. 46)

Wir verwendeten zur Messung der Sprungparameter eine etablierte Sprungplatte zur Erfassung von Bodenreaktionskräften. Zwei Autoren wandten als alternatives Modell Kontaktmatten an [74, 98], die restlichen unten genannten Autoren benutzten Lichtschrankschalenmatten. Der Einfluss des Mattentyps (Kontaktmatte oder Lichtschrankschalenmatte) auf die Ergebnisse der durch Flugzeit geschätzten Sprunghöhe wurde evaluiert. In Bezug auf den Goldstandard, der ‚Kraftplatte‘, unterschätzten Lichtschrankschalenmatten die Sprunghöhe, die getestete Kontaktmatte überschätzte die Sprunghöhe [99].

Einige der vorhandenen EMS-Studien an Sportlern zeigten keine signifikante Steigerung der vertikalen Sprungleistung durch EMS [98, 63], oder der Effekt trat erst nach einer mehrwöchigen Latenzphase ohne EMS ein (Sprungperformance + 17 % [62], + 5,4 ± 8,1 % [61]; Sprunghöhe + 6,4 % [67]). In der französischen Vergleichsstudie nahm die vertikale Sprunghöhe mit EMS sogar signifikant um 6,1 % ab (2,1 ± 2,0 cm) [74]. In allen genannten Studien erfolgte das EMS-Training jedoch rein statisch, lokal und mit einer maximalen Dauer von 5 Wochen. In Studien mit längerer Anwendungsdauer oder/und zusätzlich dynamischem GK-EMS-Training konnten hingegen Verbesserungen der Sprunghöhe erreicht werden (SJ + 10 ± 9,5 %, nicht jedoch beim CMJ [65]; SJ + 2,9 cm [64]; 0,02 ± 0,02 m [100]). Eine Meta-Analyse zeigte die vertikale Sprunghöhe im CMJ um bis zu + 19,2 % verbessert. Die Sprungfähigkeit wurde nach dynamischem EMS-Training sogar auf bis zu + 25,3 % gemessen. Bei den beiden Studien mit GK- statt lokaler EMS waren keine Vorteile des EMS hinsichtlich der Sprungperformance erhoben worden, jedoch belief sich die Studiendauer in diesen auf maximal 4 Wochen [69].

Verbesserungen in komplexen Bewegungen, wie dem Sprung sind bei ausschließlichem Krafttraining begrenzt [101]. Es erfordert einige Zeit des spezifischen Trainings komplexer Bewegungsmuster, bevor positive Effekte des Krafttrainings, hier GK-EMS, beobachtet werden können [62]. Aus diesem Grund könnten längere funktionelle EMS-Trainingseinheiten effizienter hinsichtlich einer Verbesserung der Sprungfertigkeiten sein. Unsere Studie umfasste 12 Wochen GK-EMS-Training einschließlich eines funktionellen Trainings. Dies könnte eine Erklärung dafür sein, warum sich die Sprungparameter am Ende unserer Studie verbesserten. Micke et al. postulieren außerdem, das Fehlen einer Verbesserung im Rahmen des GK-EMS-Trainings könnte auf ein Training ohne spezifische Bewegungen zurückzuführen sein [101]. Es hat sich gezeigt, dass spezifische Übungen im Vergleich zum herkömmlichen GK-EMS-Training die Sprungleistungen verbessern [102]. Aus diesem Grund entschieden wir uns, zusätzlich spezifische Sprungübungen zu integrieren. Die Kombination von



isometrischem und plyometrischem Training soll überdies einen besonders positiven Einfluss auf die Entwicklung der Sprungfähigkeit haben [98, 103]. Auch dem sind wir nachgekommen.

Es scheint also sowohl die Spezifität und Dynamik des Trainings, als auch eine adäquate Trainingsdauer von mindestens 6 Wochen ausschlaggebend für den Erfolg des GK-EMS auf die Sprungfertigkeiten gewesen zu sein. Im Einklang damit sind auch die Schlussfolgerungen von Babault und Brocherie et al. [65, 74]. Die absolute und relative Steigerung der Sprungparameter unserer Probanden liegt im zu erwartenden Bereich der existenten Daten bzgl. der Effekte von GK-EMS auf die Sprungfähigkeiten.

### 6.2.2 Schussgeschwindigkeit

In unserer Studie wurden keine relevanten Einflüsse des GK-EMS-Trainings auf die Schussgeschwindigkeit beobachtet ( $p < 0,0135$ ) (Tab. 24, Abb. 40). Der Signifikanz-Wert, der im Protokoll als relevanter Unterschied definiert war, wurde nicht erreicht. Derzeit gibt es keine Referenzstudien, die die Auswirkung des GK-EMS-Trainings auf die Schussgeschwindigkeit im Schlagschuss untersuchen.

Unser Schusstraining berücksichtigte die empfohlenen Hinweise für die korrekte Ausführung eines Schlagschusses [104]. Die individuelle Aushol- und Schussbewegung wurde statisch und dynamisch im Krafraum trainiert. Der Trainingsmethodik geschuldet kann ein gewisser Anteil der benötigten Rumpf- und Beinmuskulatur, die für die Stabilität beim Schuss auf dem Eis benötigt wird, hier nicht spezifisch propriozeptiv trainiert werden. Zur Messung der Schussgeschwindigkeit wurde in den meisten Ballstudien eine Radaranlage verwendet [105–107]. Auch wir entschieden uns daher für diese Methode. Der Radarmesskopf misst Bewegungen, die frontal auf ihn zugerichtet sind. Durch die hohe Geschwindigkeit und große Kraft die hinter einem Schlagschuss stehen, verliert diese Schussart jedoch auch an Präzision [108], somit entstehen Abweichungen des Winkels und daher der gemessenen Geschwindigkeit, mit der auf den Radarsensor geschossen wird. Wegen der koordinativen Komplexität dieser Schussbewegung ist zudem die Reproduzierbarkeit der Bewegung geringer. Alternativ könnte für die Messung der Schussgeschwindigkeit auf einen Handgelenksschuss zurückgegriffen werden, da dieser präziser verwirklicht werden kann, jedoch nicht so relevant ist [109]. Eine weitere Möglichkeit, die Schussaufzeichnung genauer zu gestalten, wäre die Anwendung eines Hochgeschwindigkeitsvideosystems mit Kontaktschaltung sowie eines piezoelektrischen Beschleunigungsmessers [95]. Die potentiellen Fehlerquellen sind dabei identisch.

Die Bewegung im Schlagschuss hängt außerdem stark von Technik und Erfahrung des jeweiligen Spielers sowie vom Material seines Schlägers ab [108]. Die ausbleibende Verbesserung könnte deshalb auch durch Faktoren wie Technik, Motivation oder Empirie erklärt werden [65].

Trotz inkludierter sportartspezifischer Trainingsübungen ist das Maß an Verbesserung bei komplexen Bewegungen beschränkt [101]. Auch sportartfremde Studien zu anderen Technik-Kraft-Sportarten mit komplexen Bewegungsmustern im Schuss [110], wie beispielsweise im Fußball und Golf [111], behandeln die Diffizilität und Herausforderung der Verbesserung von Schussbewegungen. Unsere Studie konnte keinen Effekt des GK-EMS auf die Schussgeschwindigkeit nachweisen. Es gibt mehrere mögliche Erklärungsansätze, weitere Studien sind hierfür jedoch notwendig.

### 6.2.3 Maximale Winkelgeschwindigkeiten bei 300°/s und 60°/s

Nach GK-EMS Anwendung zeigte sich eine signifikante Steigerung der **Schnellkraft** (maximale Winkelgeschwindigkeit bei 300°/s) von durchschnittlich 7,0 % (+ 8,78 Nm) ( $p < 0,017$ ). Der Wert der im Protokoll als relevanter Unterschied definiert wurde (14 Nm), konnte in unserer Studie mit + 7,94 Nm

(+ 6,1%) für Gruppe A und + 9,61 Nm (+ 7,9 %) für Gruppe B, nicht erreicht werden. Das Ergebnis genügt somit nicht für eine Power von 90%, dennoch ist eine positive Tendenz vorhanden (Tab. 27, Abb. 43).

Unsere Probanden wiesen nach GK-EMS Training eine Steigerung der **Maximalkraft** von durchschnittlich 15,15 % (+ 33,1 Nm) auf. Der Parameter war explorativ erhoben worden, zeigt jedoch mit Verbesserungen von 24,6 % (+ 54,86 Nm) in Gruppe A und 5,7 % (+ 11,33 Nm) in Gruppe B einen beachtlichen Zuwachs. Der zu zeigende Unterschied von 18 Nm wurde nur in Gruppe A erreicht. (Tab. 31, Abb. 49)

Zur Evaluation der maximalen Winkelgeschwindigkeiten wurde durch verschiedene Arbeitsgruppen auf den Biodex Dynamometer zurückgegriffen [62, 63, 65, 74]. Die Zuverlässigkeit des Biodex war hoch signifikant reliabel [112]. Wir verwendeten zur Messung den IsoMed 2000. Studien zeigten hier eine hohe Reproduzierbarkeit des maximalen Spitzendrehmoments [113], insbesondere bei konzentrischer Streckung des Knie- [114] und Sprunggelenks [115]. Aktuell gibt es keine Studien, die beide Dynamometer vergleichen. Die Technik ist aber methodisch gleich.

EMS bewirkt in früheren Studien signifikante Steigerungen ausgewählter Kraftparameter [68] (+ 36 % bei  $300^{\circ}\text{s}^{-1}$  bzw. nicht signifikant + 15 % bei  $60^{\circ}\text{s}^{-1}$  [62]; +  $14,0 \pm 9,9$  % bei  $60^{\circ}\text{s}^{-1}$  [63]; nicht signifikante Steigerungen bei  $60^{\circ}\text{s}^{-1}$  und  $300^{\circ}\text{s}^{-1}$  [65]; +  $41,3 \pm 37,6$  % bei  $60^{\circ}\text{s}^{-1}$  und +  $49,2 \pm 48,9$  % bei  $300^{\circ}\text{s}^{-1}$  [74]). Die Probanden all dieser Sportstudien saßen während des EMS-Trainings auf einem Gerät für Krafttraining des Quadrizeps, das Kniegelenk in einem Winkel von  $60^{\circ}$  fixiert und erhielten ausschließlich lokale Stimulation [62, 63, 65, 74]. Nach dynamischer EMS-Anwendung wurden Zunahmen von  $28,2 \pm 18,6$  % in  $60^{\circ}\text{s}^{-1}$  detektiert. Nach isometrischer EMS waren diese etwas geringer (Eliteathleten: +  $20,5 \pm 11,5$  %; Trainierte: +  $14,1 \pm 4,6$  %; Untrainierte: +  $18,9 \pm 9$  %). In diesem Rahmen wurde jedoch keine GK-EMS Studie ausgewertet [69]. Nach aktuellem Recherchestand gibt es neben unserer, nur eine weitere Studie, die den **Effekt von GK-EMS** auf das Spitzendrehmoment im Kniegelenk evaluiert. Vielsitzende Erwachsene mittleren Alters trainierten für 12 Wochen mit GK-EMS, kombiniert mit HIIT (high intensive interval training) und erreichten damit eine mittlere Steigerung der maximalen Winkelgeschwindigkeit bei  $60^{\circ}\text{s}^{-1}$  von 23 % [116]. Es gilt zu bedenken, dass eben diese GK-EMS Studie mit untrainierten Probanden durchgeführt wurde und ein dementsprechend großes Verbesserungspotential vorlag.

Die Verbesserungen der Maximalkraft mit lokaler EMS anderer Autoren unterschieden sich nur geringfügig von unserem Ergebnis (+ 14 %, 15 %, 28 % [62, 63, 69] vs. + 15,15 %). Lediglich Elite-Eishockeyspieler verzeichneten weitaus höhere Verbesserungen (+  $41,3 \pm 37,6$  % bei  $60^{\circ}\text{s}^{-1}$ ) [74]. Weder Training noch Messung unterschied sich hier vom Vorgehen anderer Autoren, einzig die Dauer und Stimulationshäufigkeit pro Woche waren höher. Das hochfrequente Training über einen kürzeren Zeitraum könnte effektiver für den **Maximalkraftzuwachs** sein. Andererseits bestand die Interventionsgruppe aus nur 9 Probanden, die mit einer relativ hohen Standarddifferenz ( $\pm 37,6$  %) eine große Streuung der Werte boten. Zusammengefasst befindet sich die durchschnittliche Entwicklung der Maximalkraft unserer Teilnehmer in einem vergleichbaren Bereich, die genannten Limitationen mitbedacht.

Die **Schnellkraft** unter EMS-Training wurde nur bei Maffioletti (+ 36 %) [62], Brocherie (+ 49 %) [74] und Babault (keine signifikante Veränderung) [65] untersucht. Dabei wurden keine vergleichbaren Resultate erzielt. Insgesamt sind die Vergleichsmöglichkeiten ausgesprochen beschränkt, speziell da es aktuell noch keine Studie zu GK-EMS und Schnellkraftveränderung gibt. Die niedrigeren Ergebnisse unserer Studie könnten durch den abweichenden Trainingsmodus erklärt werden. Im Gegensatz zu lokalen EMS-Studien haben wir nicht nur ausschließlich den M. Quadrizeps adressiert. Neben der

Trainingsform bietet der Trainingszeitpunkt einen weiteren Erklärungsansatz für unseren vergleichsweise geringen Schnellkraftzuwachs. Das Schnellkrafttraining sollte in unermüdetem Zustand erfolgen, um den Trainingseffekt nicht zu vermindern [96]. Wie in 4.1 erwähnt, war dies wegen des straffen Trainings- und Spielplans der Teilnehmer und der empfohlenen Regeneration nach einer GK-EMS-Einheit während der Saison nur eingeschränkt möglich. Ein Training während der Saisonvorbereitung scheint für den Leistungssportbereich eine möglicherweise sinnvolle Strategie. Der Trend der Werteentwicklung entspricht der derzeitigen Studienlage.

Die erreichten Verbesserungen waren im Vergleich zu anderen Studien etwas geringer. Jedoch ist von einer signifikanten „Tendenz“ der Werteentwicklungen auszugehen.

#### 6.2.4 Sprint

Die Probanden konnten die 10 m-Sprintzeit nach GK-EMS signifikant reduzieren ( $p < 0,0185$ ). Die vordefinierte Strecke wurde im Anschluss um durchschnittlich 5,0 % (- 0,08 s) schneller zurückgelegt (Gruppe A: - 6,3 % (- 0,1 s); Gruppe B: - 3,7 % (- 0,05 s)). Im Studienprotokoll wurde der Wert, der als relevanter Unterschied definiert wurde, mit - 0,1 s auf 10 m festgesetzt. Diese geforderte Differenz wurde nur in Gruppe A erreicht. Gruppe B gelang lediglich eine bessere Tendenz von - 0,05 s auf 10 m. Eine Power von 90% konnte somit nicht erreicht werden (Tab. 20, Abb. 37). In 4.3.1 wird die mögliche Ursache für die unterschiedliche Entwicklung der Sprintzeit in beiden Gruppen thematisiert. Dennoch entspricht unser Wert einer größeren Verbesserung als die früherer Studien.

Die Sprintmessung über die Infrarotlichtschranke war durch exakt determinierte Vorgaben valide zu wiederholen (vorher festgelegte, reproduzierbare Höhe der Sensoren, präformierte Anlaufstrecke und anschließende Höchstgeschwindigkeit auf gesamter Teststrecke). Die große Mehrheit der Autoren verwendete zur Sprintzeitmessung eine Infrarotlichtschranke [63–65, 74]. Wenige benutzten ein optoelektronisches System mit LEDs [67, 117], in einer weiteren Studie fanden „photocell gates“ Anwendung [98], die jeweils im Grundsatz aber dem gleichen Prinzip entsprechen. Die in unserer Studie verwendete Messung scheint mit denen der anderen Testreihen vergleichbar.

Zwei bestehende Arbeiten konnten keine signifikante Reduktion der Sprintzeit nach EMS-Training nachweisen. Die Autoren nehmen einerseits einen zu geringen technischen Level der Teilnehmer an [63], andererseits werden das sehr hohe Leistungsniveau und die statische Trainingsform als Ursache vermutet [65]. In anderen Studien gelang der Nachweis signifikanter Verbesserungen (5m-Sprintzeit - 2,9 % [64]; 10 m-Sprintzeit - 3,3 % [67] bzw. - 4,8 % [74, 69]). Eine Arbeit erbrachte nur in plyometrischer Kombination eine signifikante Verbesserung (- 2,4 %). Alleiniges statisches EMS-Training zeigte sogar eine signifikante Abnahme der Sprintzeit [98].

Der geringe Bewegungsradius aufgrund des EMS-Verbindungskabels stellte eine Schwäche unseres Sprinttrainings dar, weshalb die Übungen auf einige wenige Schritte begrenzt waren. Das Training fand in einem Kraftraum und nicht auf der Eisfläche statt. Um die dynamischen Sprintübungen realitätsnäher zu gestalten, wäre eine kabellose EMS-Variante direkt auf dem Eis oder Laufbänder als Trainingsform zu diskutieren gewesen. Die Stärken des Sprinttrainings lagen in der Kombination aus statischen und dynamischen Einheiten sowie in der Inklusion von spezifischen Übungen. In den meisten Studien wurde nur statisch trainiert, die Kombination mit plyometrischem Training erwies sich jedoch als sehr sinnvoll [64, 98]. Auch scheint es entscheidend für die Effizienz des EMS-Trainings zu sein, spezifische Übungen zu inkludieren [65].

### 6.3 Probanden

Es bestand die bereits erwähnte Problematik der Koordination von EMS-Trainingszeitpunkten und das daraus resultierendem Risiko der stärkeren Ermüdung und verminderten Belastbarkeit der Sportler (siehe 4.1). Als Folge von Beschwerden, Unbehagen, oder Unwohlsein aufgrund elektrischer Stimulation ist denkbar, dass es den Probanden nicht zu jedem Zeitpunkt möglich war, eine Leistung von 100% zu generieren. Die Toleranz der Spieler diesbezüglich variiert [36]. An einigen Zeitpunkten innerhalb einer Trainingseinheit waren die Stimulationsintensitäten durch eben die Toleranz der Probanden begrenzt, was eine maximale Aktivierung des Muskels verhinderte. Um dieses Problem zu überwinden, wurde vorgeschlagen, EMS mit einer maximalen willkürlichen Kontraktion zu überlagern [118]. Es wird angenommen, dass Probanden weniger Unbehagen empfinden und daher höhere Stimulations- und Trainingsintensitäten erreicht werden könnten. Dies wurde im EMS-Training größtenteils eingehalten.

#### 6.3.1 Saisonzeitpunkt

Im Gruppenvergleich bestehen deutliche Unterschiede hinsichtlich des Verbesserungsausmaßes. Eine Erklärung dafür könnte der jeweilige Saisonzeitpunkt sein, an dem die GK-EMS-Trainings stattfanden. Nicht nur aufgrund der hohen Belastungen während der Saison [96], sondern auch aus trainingsphysiologischer Sicht sollte die Maximalkraft während der Vorbereitung vor oder zu Beginn der Saison trainiert werden. In der Wettkampfphase schließen sich schnellkräftige Schwerpunkte an [119]. Da die Sprungkraft (in unserer Studienkonstellation im weiteren Sinne die Sprungleistung) mit der Maximalkraft [120] und auch dem Sprintvermögen korreliert [64, 69, 121], könnte der Trainingszeitpunkt vor und am Anfang der Saison somit eine Erklärung für die Werteentwicklung von Sprungleistung, Sprintzeit und Maximalkraft in **Gruppe A** sein. **Gruppe B** trainierte während und zu Ende der Saison mit GK-EMS, was daher für die leicht bessere Ausbildung der Schnellkraft im Vergleich zur Kontrollgruppe sprechen könnte. Da auch die Sprunghöhe mit plyometrischen Übungen gesteigert werden kann, lässt sich hieraus ein möglicher Erklärungsansatz für die größere Verbesserung in Gruppe B und damit dem Saisonzeitpunkt der Wettkampfphase ableiten [122]. Es lässt sich somit der saisonalen Zeitpunkts als Bias der unterschiedlichen Werteentwicklung nicht ausschließen.

	Gruppe A	Gruppe B	Durchschnitt
Sprungleistung	+ 5,9 %	+ 4,4 %	+ 5,15 %
Sprintzeit	- 6,3 %	- 3,7 %	- 5,0 %
Schnellkraft	+ 6,1 %	+ 7,9 %	+ 7,0 %
Sprunghöhe	+ 4,6 %	+ 6,3 %	+ 5,45 %
Maximalkraft	+ 24,6 %	+ 5,7 %	+ 15,15 %

*Tabelle 92 Durchschnittliche Ergebnisse der Gruppen; hervorgehoben sind die interligär jeweils besseren Ergebnisse (Gruppe A: Sprungleistung +5,9%, Sprintzeit -6,1%, Maximalkraft +24,6%; Gruppe B: Schnellkraft +7,9%, Sprunghöhe +6,3%)*

#### 6.3.2 Unterschied Hobby- zu Bezirksligaspieler

Hobbyligisten zeigten in der Entwicklung aller Parameter, außer der Maximalkraft, bessere Ergebnisse als Bezirksligisten. Probanden der französischen II. Eishockeyliga erreichten größere Fortschritte in Sprungleistung, Schnell-, und Maximalkraft. Die Entwicklung der Sprintzeiten sind vergleichbar. Die Sprunghöhe wies bei den Profispielern eine negative Ausbildung nach EMS-Training auf. (Die durchschnittliche Sprungleistung wurde aus 15 konsekutiven CMJs erhoben und war nicht signifikant). Eine mögliche Ursache hierfür könnte sein, dass bei **Elitesportlern** eine stärkere Reaktion auf

elektrische Stimulation beobachtet wird, da sie bereits an Unannehmlichkeiten, die mit einem sehr hohen Trainingsniveau verbundenen sind, gewöhnt sind. Dies ist entscheidend, um den Probanden zu motivieren, eine höhere Stromstärke zu akzeptieren [36]. Bedeutsam ist aber, dass es sich bei deren Stimulationsmodus lediglich um lokale EMS-Anwendung handelte. Daher sind die Ergebnisse nur begrenzt vergleichbar.

In einer Metaanalyse erreichten Trainierte und Spitzensportler trotz ihres bereits hohen Fitnessniveaus vergleichbare Steigerungen ihrer Kraft, wie sie auch beim ungeübten Probanden möglich sind. Insgesamt wurden für Eliteathleten die größten Verbesserungen ihrer maximalen Winkelgeschwindigkeiten gemessen, gefolgt von untrainierten und letztendlich trainierten Probanden. Es wurden jedoch auch in dieser Analyse keine Studien mit GK-EMS ausgewertet [69]. Auch in unserem Vergleich wird diese Reihenfolge deutlich. Die französischen Eliteathleten erreichten vor Hobbyligisten und schließlich Bezirksligisten die durchschnittlich größten Verbesserungen, wobei Bezirksligisten in der Maximalkraft gegenüber den Hobbyligisten überzeugten. Somit ist die Ergebnisverteilung auf Ligabasis größtenteils kongruent mit bestehender Literatur.

Parameter	Französische II. Liga [74]	Bezirksligisten	Hobbyligisten
Sprungleistung	+ 14,3 %	+ 3,25 %	+ 6,35 %
Sprintzeit	- 4,8 %	- 4,6 %	- 7,4 %
Schnellkraft	+ 49,2 %	+ 5,85 %	+ 7,0 %
Sprunghöhe	- 6,1 %	+ 2,3 %	+ 11,0 %
Maximalkraft	+ 41,3 %	+ 16,1 %	+ 11,75 %

*Tabelle 93 Ligabasierte Unterschiede der durchschnittlichen Parameterentwicklung: Französische II. Liga (Sprungleistung +14,3%, Sprintzeit - 4,8%, Schnellkraft +49,2%, Sprunghöhe -6,1%, Maximalkraft +41,3%), Bezirksligisten (Sprungleistung +3,25%, Sprintzeit -4,6%, Schnellkraft +5,85%, Sprunghöhe +2,3 %, Maximalkraft +16,1%), Hobbyligisten (Sprungleistung + 6,35% Sprintzeit -7,4 %, Schnellkraft + 7,0%, Sprunghöhe +11,0 %, Maximalkraft +11,75%)*

Es wird angenommen, dass die sportliche Leistungsfähigkeit mit gesteigerter Trainingsbelastung zunimmt [123]. Zeiträume mit Schnelligkeits-Ausdauer-Training verbessern insbesondere die Leistungsfähigkeit in kurzzeitigen Belastungsepisoden [124], wie sie beispielsweise beim Eishockey zu finden sind. Der allgemein höhere Trainingsstatus der Bezirksligisten leitet daher zu der Annahme einer geringeren möglichen Verbesserung durch weiteren Trainingsanstieg im Gegensatz zu Hobbyligisten. Ein größeres mögliches Verbesserungspotenzial liegt somit wahrscheinlich in Eishockeyspielern der Hobbyliga.

## 6.4 Nachschaltwerte

Die Sprungleistung stieg in der 4-wöchigen EMS Pause in beiden Gruppen weiter an. Gruppe A Spieler zeigten einen höheren Zuwachs in der Nachschaltphase. Die Sprintzeit sank nach Ende des EMS-Trainings, bis zum Nachschaltwert in Gruppe B erneut ab. Keine der Gruppen wies eine wiederholte Steigerung der Schnellkraft auf. Die Sprunghöhe konnte nur in Gruppe A im Nachschaltzeitraum verbessert werden, die Maximalkraft lediglich in Gruppe B.

	Gruppe A Steigerung T3-T4	Gruppe B Steigerung T7-T8
<b>Sprungleistung</b>	+ 0,63 %	+ 0,23 %
<b>Sprintzeit</b>	-	- 0,89 %
<b>Schnellkraft</b>	-	-
<b>Sprunghöhe</b>	+ 2,72 %	-
<b>Maximalkraft</b>	-	+ 0,76 %

*Tabelle 94 Übersicht der mittleren Verbesserungen der Nachschaltwertentwicklung von Gruppe A und B (Gruppe A (T3-T4): Sprungleistung + 0,63 %; Sprunghöhe + 2,72 %; Gruppe B (T7-T8): Sprungleistung + 0,23 %, Sprintzeit – 0,89 %, Maximalkraft + 0,76 %)*

Es finden sich mehrere Versuchsreihen in denen die Notwendigkeit der Erholung nach EMS- Training betont wird, da die Anwendung elektrischer Reize zu unverhältnismäßiger Muskelermüdung führen kann [125, 126].

Einige Studien berichten über verzögerte Trainingseffekte und eine erforderliche Erholungsphase um die Sprungperformance (Kraft oder Leistung und Höhe) zu verbessern [61, 62, 103]. Dies ist vergleichsweise kongruent mit unseren Ergebnissen der Nachschaltwerte.

Basketballspieler konnten durch EMS erreichte Steigerungen der konzentrischen Winkelgeschwindigkeiten bei  $300^{\circ}\text{s}^{-1}$  und  $60^{\circ}\text{s}^{-1}$  während der vier nachfolgenden Wochen aufrechterhalten [62]. Felder beschreibt ein beständiges Kraftniveau auch 8 Wochen nach Ende des EMS-Trainings [68]. In unserer Arbeit war dies nicht zu beobachten. Lediglich die Maximalkraft erfuhr in einer der beiden Gruppen keine Abnahme.

Bei Tennisspielern war der Erfolg des Sprinttrainings erst 3 Wochen nach EMS-Training sichtbar [67]. Im Gegensatz dazu zeigten unsere Probanden Fortschritte während des EMS-Trainings und zusätzlich in der Nachschaltphase.

Bezüglich der Werteentwicklung in der Nachschaltphase des EMS-Trainings gibt es zum aktuellen Stand keine allgemeingültigen Normen, lediglich Tendenzen der Aufrechterhaltung einiger Parameter.

## 6.5 Fragebögen

Insgesamt scheinen Hockeyspieler in der Off-Season vor allem Fettgewebe aufzubauen (+1,38 kg) und während der Saison abzunehmen (-0,79 kg) [127]. Gruppe B Spieler verloren in Periode 1 ohne EMS-Training gemittelt -1 kg, zeigten nach der Wash-Out-Phase mit Gewichtszunahme, eine Gewichtskonstanz in Periode 2 mit EMS. Gruppe A Sportler nahmen mit EMS-Training sogar +1 kg zu, was sich auch in einem erhöhten Taillenumfang von +2,8 cm in diesem Abschnitt äußerte, hielten ihr Gewicht ohne EMS in Periode 2 jedoch nahezu. Mit Blick auf die Tabellen imponiert in beiden Gruppen eine ähnliche Tendenz der Gewichtsentwicklung im Gesamtverlauf der Studie, was eine Unabhängigkeit vom EMS-Training vermuten lässt. Nicht zu erklären ist die fehlende vermutbare Gewichtsabnahme der Spieler Gruppe A in Periode 1.

Prokop et al. zeigten an Eishockeyspielern signifikante Zuwächse an Beinmuskulatur (+0,29 kg) während der ersten Saisonhälfte [127]. Die beidseitigen Oberschenkelumfänge unserer Probanden weisen ebenfalls eine ähnliche Tendenz im Studienverlauf auf (Zunahme der Umfänge in der ersten

Hälfte, Abnahme in der zweiten Hälfte), lassen daher eine Unabhängigkeit vom EMS-Training vermuten.

Prokop et al. beschrieben zudem eine signifikante Abnahme von Armmuskulatur (-0,25 kg) während der ersten Saisonhälfte [127]. Dies trifft nur auf Spieler der Gruppe B unseres Kollektivs zu, deren Oberarmumfänge in Periode 1 zunächst sanken. In Periode 2 verbuchten sie jedoch einen enormen Anstieg der Umfänge beidseits.

Ein alternativer Erklärungsansatz beinhaltet die Veränderung der Muskelmasse durch EMS-Training. Banzer beschreibt einen Zuwachs um 4% bzw. 12% nach 8 Wochen Training [34]. Kotz et al. fanden jedoch Kraftzuwächse ohne Zunahme der Muskelgröße [5]. Zum aktuellen Stand ist nicht abschließend geklärt, ob und wie EMS-Training das Körpergewicht und die Extremitätenumfänge von Sportlern beeinflusst.

Im Fragebogen schätzten die Spieler ihre sportlichen Fähigkeiten nach dem GK-EMS-Training als besser ein. Sprintfähigkeit, Sprungkraft und –leistung sowie Körperform, Fitness, Sicherheit auf dem Eis und Stabilität wurden nach dem EMS-Training in beiden Gruppen besser bewertet. Schussgeschwindigkeit, Beinkraft und Stimmung zeigt sich nur in Gruppe B Spielern nach EMS-Training höher geschätzt. Die Gesamtzufriedenheit wurde nur in Gruppe A Spielern nach deren EMS-Abschnitt besser benotet. Insgesamt lässt sich jedoch eine deutlich bessere Tendenz nach EMS-Training ablesen.

## 6.6 EMS als Maßnahme zur Verletzungsprophylaxe

Wie auch aus unserem Fragebogen ersichtlich, finden sich an erster Stelle der häufigsten Verletzungslokalisationen im Eishockey Läsionen der unteren Extremität (31 - 36 %), gefolgt von der oberen Extremität mit 22 - 34 %, Kopf / Nacken sowie Rumpf. Am häufigsten werden Kniegelenkläsionen beschrieben [75, 75, 128, 129]. 90 % der Verletzungen im Eishockey sind traumatisch bedingt [75]. Eine Präventionsmöglichkeit ist daher die Verminderung eines durch Bodycheck verursachten Traumas, indem Körperspannung, Stabilität, Muskelkraft und Sicherheit auf dem Eis aufgebaut werden.

Die Literatur hat gezeigt, dass ein Zusammenhang zwischen Krafttraining und einer Verringerung der Verletzungsrate besteht. Gezieltes Krafttraining kann in der Vorbeugung von Verletzungen Anwendung finden [75, 76, 129]. Darüber hinaus zeigen Studien, dass Training mit lokalem EMS und Krafttraining ähnliche Auswirkungen auf den Kraftzuwachs haben [77, 78]. Dementsprechend wäre in einer großen Studienpopulation eine Auswirkung auf die Verletzungsrate zu erwarten. Unser Fragebogen ergab nach GK-EMS-Training höhere Bewertungen in Bezug auf subjektive Sicherheit und Stabilität auf dem Eis. Kraftzuwächse und eine Steigerung der individuellen subjektiven Leistung könnten sich indirekt auf die Verletzungsrate auswirken.

Ermüdung wird als weiterer Beeinflussungsfaktor von Verletzungshäufigkeit aufgeführt [129]. Es finden sich nicht nur Hinweise auf Kraftzuwachs, sondern auch auf beschleunigte Regeneration durch EMS. Im Vergleich zu passiver Erholung, wiesen Sportler nach Interventionen mit Elektrostimulation eine höhere Krafterzeugungskapazität auf [70] und zeigten beispielsweise bessere Sprintzeiten beim Performance-Test am Folgetag. Auch die Wahrnehmung der Erholung war bei EMS-Probanden signifikant größer, was die Leistung am folgenden Tag verbessern könnte [71]. Die Elektrostimulation hat sich wahrscheinlich positiv auf das wahrgenommene Energieniveau und den Erholungsstresszustand der Spieler ausgewirkt [72].



## 6.7 Fazit und Empfehlung

In den primären Parametern Sprungleistung, Sprintzeit und Schnellkraft konnten signifikante Verbesserungen nach GK-EMS Training verzeichnet werden. Auch die explorativen Parameter Sprunghöhe und Maximalkraft präsentierten Steigerungen nach abgeschlossenem GK-EMS-Training. Lediglich die Schussgeschwindigkeit zeigte keinerlei Veränderung, was hauptsächlich dem komplexen Bewegungsablauf der Übung zuzuschreiben ist. Dementsprechend kann GK-EMS bei der Leistungssteigerung ein nützliches Tool sein. Hobbyligisten erreichten höhere durchschnittliche Zuwächse in den einzelnen Disziplinen. Der Saisonzeitpunkt, an dem EMS-Training realisiert wird, scheint Einfluss auf die Werteentwicklung zu nehmen. So ist es mutmaßlich sinnvoller, das Training der Maximalkraftparameter am Saisonanfang und das der Schnellkraftparameter in den Lauf der Saison zu installieren.

Nach 6 Wochen GK-EMS war ein Effekt auf die eishockeyspezifischen Fertigkeiten erkennbar. Um das volle Potenzial eines GK-EMS Trainings ausschöpfen zu können, sind zusätzlich dynamische Übungen für Sprint und Sprung notwendig. Bezüglich des Trainings der Winkelgeschwindigkeiten und des Schusses sind mehr Studien notwendig, um den Trainingsrahmen zu evaluieren. Es sollte zudem überlegt werden, eine Schussart zu verwenden, die verlässlicher zu reproduzieren ist, da die Ausführung des Schlagschusses sehr spielerabhängig und technikbedingt ist.

Zusammen mit der Steigerung von Kraft und Schnelligkeit werden physiologische Parameter verbessert, die sich auf physikalischer Ebene positiv auf das Verletzungsrisiko auswirken. Mit zunehmender Stabilität, Sicherheit, Kraft und Schnelligkeit wird Einfluss auf die Verletzungswahrscheinlichkeit genommen.

Insgesamt waren die Probanden mit dem Outcome der Studie und der individuellen Leistungen sehr zufrieden.



## 7. Anhang

### 7.1 Abkürzungsverzeichnis

- BL = Baseline-Wert
- CMJ = Counter Movement Jump
- DJ = Drop Jump
- EB = Ellenbogen
- EMS = Elektromyostimulation
- GK-EMS = Ganzkörper- Elektromyostimulation
- GRFP = Ground Reaction Force Platform
- HIIT = high intensive interval training
- Hz = Hertz
- km/h = Kilometer pro Stunde
- kW = Kilowatt
- m = Meter
- MW = Mittelwert
- Nm = Newtonmeter
- OC = Outcome-Wert
- SJ = Squat Jump
- TENS = Transkutane elektrische Nervenstimulation
- W = Watt

### 7.2 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Behandlung mit den Stromimpulsen eines Zitterrochen [4] .....	6
Abbildung 2 Galvanis Froschschenkel-Versuche [4].....	6
Abbildung 3 Hochfrequenzbestrahlung mit einer Elektrode [4] .....	7
Abbildung 4 Elektrische Muskelgymnastik (Bergonisation): Mit Hilfe faradischen Schwellstroms werden Muskeln oder Muskelgruppen in rhythmische Kontraktionen versetzt. [4].....	7
Abbildung 5 Iontophorese (li.) und hydro-galvanisches Vollbad (re.) [26] .....	9
Abbildung 6 TENS-Gerät [28] .....	9
Abbildung 7 Therapiesystem SoleoGalva [31].....	10
Abbildung 8 Modernes Gerät zur Hochfrequenztherapie [4] .....	10
Abbildung 9 Lokales niederfrequentes EMS Gerät mit Einzelelektroden der Fa. Compex [38].....	11
Abbildung 10 Fitnesstraining mit Elektromyostimulation [41] .....	12
Abbildung 11 Gutachten der statistischen Fallzahlplanung mit Zu zeigender Unterschied, Standardabweichung, Benötigte Fallzahl für die primären Variablen 10 m-Sprintzeit, Schussgeschwindigkeit, Sprungleistung, Max. Drehmoment bei 300°s-1 .....	14
Abbildung 12 Schema eines Cross-Over-Versuchs: Pt. Patient; Random., Randomisation [79].....	15
Abbildung 13 EMS-Gerät miha bodytech II mit Bodenständer [80].....	17
Abbildung 14 GK-EMS Elektroden (grauer Bereich) [44] .....	17
Abbildung 15 Funktionswäscheset, EMS-Weste mit Gurten und Verkabelung [81] .....	18
Abbildung 16 ‚miha bodytech device‘ [80].....	18
Abbildung 17 Radaranlage Ballspeedometer 1503 [82, 85].....	19
Abbildung 18 Leonardo Mechanograph GRFP [87] .....	19
Abbildung 19 Counter Movement Jump [89].....	20

Abbildung 20 Lichtschranke ALGE Sports Timing RL S1c.....	20
Abbildung 21 IsoMed 2000 der Fa. D. & R. Ferstl GmbH .....	21
Abbildung 22 Proband in EMS-Grundposition .....	22
Abbildung 23 Proband im Frontstütz während des EMS-Trainings .....	23
Abbildung 24 Proband während Bankdrückübung .....	24
Abbildung 25 Proband während EMS-Schusstraining.....	28
Abbildung 26 Studiendesign.....	30
Abbildung 27 Schussgeschwindigkeit-Messung .....	30
Abbildung 28 Sprintzeit-Messung .....	31
Abbildung 29 Sprungleistungsdiagnostik .....	31
Abbildung 30 Maximal- und Schnellkrafttestung.....	32
Abbildung 31 Aufbau Radaranlage.....	32
Abbildung 32 Aufbau Lichtschranke: Erstes Sensor-Reflektor-Paar .....	32
Abbildung 33 IsoMed2000 Illustration [94] .....	33
Abbildung 34 Signifikante Sprungleistungsverbesserung in Gruppe A - Periode 1 von 4,26 W an T1 auf 4,51 W an T3 und Gruppe B - Periode 2 von 3,87 W an T5 auf 4,04 W an T7, im Vergleich zur jeweils anderen Testgruppe (p-Wert 0,0425) .....	35
Abbildung 35 Signifikante Zunahme der Sprungleistung der Gruppe A in Periode 1 von 4,26 W an T1 auf 4,51 W an T3 .....	36
Abbildung 36 Signifikante Zunahme der Sprungleistung der Gruppe B in Periode 2 von 3,87 W an T5 auf 4,04 W an T7 .....	36
Abbildung 37 Signifikante Sprintzeitverbesserung in Gruppe A - Periode 1 von 1,56 s an T1 auf 1,46 s an T3 und Gruppe B - Periode 2 von 1,47 s an T5 auf 1,42 s an T7, im Vergleich zur jeweils anderen Testgruppe (p-Wert 0,0185).....	38
Abbildung 38 Signifikante Reduktion der Sprintzeit von Gruppe A in Periode 1 von 1,56 s an T1 auf 1,46 s an T3.....	39
Abbildung 39 Signifikante Reduktion der Sprintzeit von Gruppe B in Periode 2 von 1,47 s an T5 auf 1,42 s an T7.....	39
Abbildung 40 Entwicklung der Schussgeschwindigkeit beider Gruppen im Vergleich (p-Wert 0,0135) .....	41
Abbildung 41 Entwicklung der Schussgeschwindigkeit von Gruppe A.....	41
Abbildung 42 Entwicklung der Schussgeschwindigkeit von Gruppe B.....	42
Abbildung 43 Signifikante Schnellkraftverbesserung in Gruppe A - Periode 1 von 129,53 Nm an T1 auf 137,47 Nm an T3 und Gruppe B - Periode 2 von 121,75 Nm an T5 auf 131,36 Nm an T7, im Vergleich zur jeweils anderen Testgruppe (p-Wert= 0,017) .....	43
Abbildung 44 Signifikante Verbesserung der Schnellkraft von Gruppe A in Periode 1 von 129,53 Nm an T1 auf 137,47 Nm an T3 .....	44
Abbildung 45 Signifikante Verbesserung der Schnellkraft von Gruppe B in Periode 2 von 121,75 Nm an T5 auf 131,36 Nm an T7 .....	44
Abbildung 46 Aufwärtstrend der Sprunghöhe beider Gruppen im Vergleich mit einer Verbesserung in Gruppe A – Periode 1 von 0,47 m an T1 auf 0,49 m an T3 und Gruppe B – Periode 2 von 0,51 m an T5 auf 0,54 m an T7.....	45
Abbildung 47 Verbesserung der Sprunghöhe von Gruppe A in Periode 1 von 0,47 m an T1 auf 0,49 m an T3 .....	46
Abbildung 48 Verbesserung der Sprunghöhe von Gruppe B in Periode 2 von 0,51 m an T5 auf 0,54 m an T7 .....	46

Abbildung 49 Aufwärtstrend der Maximalkraft beider Gruppen im Vergleich mit einer Verbesserung in Gruppe A – Periode 1 von 222,87 Nm an T1 auf 277,73 Nm an T3 und Gruppe B – Periode 2 von 198,58 Nm an T5 auf 209,91 Nm an T7 .....	48
Abbildung 50 Verbesserung der Maximalkraft von Gruppe A in Periode 1 von 222,87 Nm an T1 auf 277,73 Nm an T3 .....	48
Abbildung 51 Verbesserung der Maximalkraft von Gruppe B in Periode 2 von 198,58 Nm an T5 auf 209,91 Nm an T7 .....	49
Abbildung 52 Ligabasierte Sprungleistungsdarstellung der Gruppe A - Steigerung in Bezirksligisten von 4,3085 kW auf 4,5709 kW und in Hobbyligisten von 4,1188 kW auf 4,3183 kW in Periode 1 .....	52
Abbildung 53 Ligabasierte Sprintzeitdarstellung der Gruppe A - Steigerung in Bezirksligisten von 1,5491 s auf 1,4702 s und in Hobbyligisten von 1,6100 s auf 1,4217 s in Periode 1 .....	53
Abbildung 54 Ligabasierte Schnellkraftdarstellung der Gruppe A - Steigerung in Bezirksligisten von 132,25 Nm auf 142,25 Nm und Abnahme in Hobbyligisten von 118,67 Nm auf 118,33 Nm in Periode 1 .....	54
Abbildung 55 Ligabasierte Sprunghöhendarstellung der Gruppe A - Steigerung in Bezirksligisten von 0,4937 m auf 0,5087 m und in Hobbyligisten von 0,4028 m auf 0,4389 m in Periode 1 .....	55
Abbildung 56 Ligabasierte Maximalkraftdarstellung der Gruppe A - Steigerung in Bezirksligisten von 225,50 Nm auf 285,50 Nm und in Hobbyligisten von 212,33 Nm auf 246,67 Nm in Periode 1 .....	56
Abbildung 57 Ligabasierte Sprungleistungsdarstellung der Gruppe B - Steigerung in Bezirksligisten von 4,2573 kW auf 4,2731 kW und in Hobbyligisten von 3,4873 kW auf 3,7620 kW in Periode 2 .....	57
Abbildung 58 Ligabasierte Sprintzeitdarstellung der Gruppe B - Steigerung in Bezirksligisten von 1,4471 s auf 1,3881 s und in Hobbyligisten von 1,5005 s auf 1,4540 s in Periode 2 .....	58
Abbildung 59 Ligabasierte Schnellkraftdarstellung der Gruppe B - Steigerung in Bezirksligisten von 127,00 Nm auf 132,17 Nm und in Hobbyligisten von 114,40 Nm auf 130,40 Nm in Periode 2 .....	59
Abbildung 60 Ligabasierte Sprunghöhendarstellung der Gruppe B - Steigerung in Bezirksligisten von 0,5500 m auf 0,5589 m und in Hobbyligisten von 0,4573 m auf 0,5167 m in Periode 2 .....	60
Abbildung 61 Ligabasierte Maximalkraftdarstellung der Gruppe B - Steigerung in Bezirksligisten von 211,86 Nm auf 223,83 Nm und in Hobbyligisten von 180,00 Nm auf 193,20 Nm in Periode 2 .....	61

## 8. Publikationsliste

Frontiers of Physiology (Front Physiol. 2019 Sep 10;10:1136. doi: 10.3389) [130]

## 9. Danksagungen

An dieser Stelle möchte ich jenen Menschen meinen großen Dank aussprechen, die mich bei der Anfertigung der Doktorarbeit auf Ihre Weise unterstützt haben.

Der größte Dank gilt meinem Dissertationsbetreuer Dr. med Bernd Wegener. Er hat sich geduldig jeden Entwurf durchgelesen, jede neue Idee angehört und mich bei meinen Vorhaben immer enorm unterstützt und ermuntert.

Ein Dank gilt auch Herrn Lauseker für die statistische Beratung.

Danke auch an die Firma Miha-Bodytech für die Bereitstellung der EMS-Ausrüstung.

Besonders danken möchte ich dem Team von *aktiva medici* in Prien für die freie Benutzung des Isomed 2000 und immer freundliche Unterstützung.

Danke dem DEC Inzell für die Benutzung der Eishalle.

Danke dem Freddi für die bereitwillige Zurverfügungstellung der Gerätekammer.

Vielen Dank dem Olaf für die Nutzung des Kraftraums und der Verteilung der Eiszeiten.

Vielen Dank auch dem Trainer Thomas Schwabl für die Mithilfe bei der Koordination der Eiszeiten und die Absprache der Messzeitpunkte und Trainingseinheiten.

Für die Zurverfügungstellung der Lichtschranke muss ich dem SC Inzell Leichtathletik-Vorstand Peter Gehmacher meinen Dank ausdrücken

Ein großes Dankeschön an meine EMS-Betreuer für die tatkräftige Unterstützung und an Tom, Arthur und Chris für die Hilfe beim Transport der Sprungplatte.

Ein herzlicher Dank gilt außerdem dem Michi für die professionellen Fotos.

Ein riesiger Dank gilt allen Eishockeyspielern, die meistens hochmotiviert und begeistert mitgewirkt haben.

Außerdem möchte ich mich bei meinen besten Freunden bedanken, die mich im Rahmen des Studiums mit lieben Worten und Zusprüchen begleitet haben.

Ein ganz spezielles Dankeschön gilt meinen Eltern für ihre Geduld und gefühlvolle Bestärkung während der Arbeit an der Dissertation.

Nicht zuletzt muss ich meiner Schwester Sanni Danke sagen, die durch ihre liebevolle Unterstützung, den mentalen Zuspruch und die zeitlose Stütze meine Arbeit maßgeblich geprägt hat. Danke!

Mein besonderer Dank gilt dem Tom für seine stetigen Ermutigungen und seine kompromisslose Unterstützung, für seine Gedanken und Bemühungen, die meine Arbeit zum Positiven beeinflusst haben. Außerdem hat er mich mit seinem Sport zum Thema der Doktorarbeit inspiriert. Vielen Dank!

## Literatur

- 1 Heidland A, Fazeli G, Klassen A, Sebekova K, Hennemann H, Bahner U, Di Iorio B. Neuromuscular electrostimulation techniques: Historical aspects and current possibilities in treatment of pain and muscle wasting. CN 2013; 79 Suppl 1: S12-23
- 2 Landfester M (Hrsg.). Der Neue Pauly, IV: Enzyklopädie der Antike [Galenos aus Pergamon: A. Leben]. 13 Aufl. Stuttgart - Weimar: J.B. Metzler
- 3 Darmstaedters L. Handbuch zur Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik. Berlin, Heidelberg, s.l.: Springer Berlin Heidelberg; 1908
- 4 Wenk W. Elektrotherapie. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg; 2012
- 5 Kotz YM. Methods of Investigation of Muscular Apparatus. State Central Institute of Physical Culture 1976
- 6 Kotz YM, Chullon VA. The Training of Muscular Power by Method of Electrical Stimulation. State Central Institute of Physical Culture 1975
- 7 Vogelmann T. Elektromyographische Muskelstimulation/Muskelaktivierung (EMS/EMA) im Leistungs-/Breitensport: Trainingseffekte im Vergleich zu konventionellem Training. Hamburg: Diplomica Verlag; 2013
- 8 Institut Zeileis GmbH & Co KG. Die Methode Zeileis - Wissenschaftliche Erklärung: Die Wirkung. Gallspach, Österreich
- 9 Ward AR, Shkuratova N. Russian Electrical Stimulation: The Early Experiments. Physical Therapy 2002; (Vol. 82, Nr. 10)
- 10 Gulick DT, Castel JC, Palermo FX, Draper DO. Effect of patterned electrical neuromuscular stimulation on vertical jump in collegiate athletes. Sports Health; DOI: 10.1177/1941738110397871
- 11 Akhmadeeva LR, Setchenkova NM, Magzhanov RV, Abdrashitova EV, Bulgakova AZ. Randomized blind placebo-controlled study of the effectiveness of transcutaneous adaptive electrostimulation in the treatment of nonspecific low back pain. Zh Nevrol Psikhiatr Im S S Korsakova 2010; 110 (4): 57–62
- 12 Goldbach P. Elektrische Muskelstimulation: Mit Strom gegen Rückenschmerz. Der Kassenarzt 2009; (17): 2
- 13 Nelles G, Ackermann H. Neurologische Rehabilitation. Stuttgart: Thieme; 2004
- 14 Kern H. Die Elektrostimulation im Sport und in der Rehabilitation. European Journal Translational Myology - Basic Applied Myology 2011; (21 (3&4)): 123–174
- 15 Bundes-ärzte-kammer (Arbeitsgemeinschaft der deutschen Ärztekammern) und Kassenärztliche Bundesvereinigung. 50 Jahre Herzschrittmacher - Vom elektrischen Wiederbelebungsstuhl zum modernen ICD. Berlin. Im Internet: [www.aerzteblatt.de/nachrichten/33958/50-Jahre-Herzschrittmacher-Vom-elektrischen-Wiederbelebungsstuhl-zum-modernen-ICD](http://www.aerzteblatt.de/nachrichten/33958/50-Jahre-Herzschrittmacher-Vom-elektrischen-Wiederbelebungsstuhl-zum-modernen-ICD)
- 16 Bundes-ärzte-kammer (Arbeitsgemeinschaft der deutschen Ärztekammern) und Kassenärztliche Bundesvereinigung. Zwerchfellschrittmacher in den USA zugelassen. Im Internet: [www.aerzteblatt.de/nachrichten/32772/Zwerchfellschrittmacher-in-den-USA-zugelassen](http://www.aerzteblatt.de/nachrichten/32772/Zwerchfellschrittmacher-in-den-USA-zugelassen)
- 17 Winkler O. Inkontinenz: Operative Therapieformen [Der Blasenschrittmacher (Sakrale Neuromodulation)]. Berlin. Im Internet: [www.bvmed.de/de/versorgung/krankenhaus/inkontinenz-mann-frau/harninkontinenz-mann/mann-harn-blasenschrittmacher-sakrale-neuromodulation](http://www.bvmed.de/de/versorgung/krankenhaus/inkontinenz-mann-frau/harninkontinenz-mann/mann-harn-blasenschrittmacher-sakrale-neuromodulation)
- 18 Winkler O. Inkontinenz: Operative Therapieformen [Der Darmschrittmacher (sakrale Neuromodulation)]. Berlin. Im Internet: [www.bvmed.de/de/versorgung/krankenhaus/inkontinenz-mann-frau/stuhlinkontinenz-frau/frau-stuhl-sakrale-neuromodulation](http://www.bvmed.de/de/versorgung/krankenhaus/inkontinenz-mann-frau/stuhlinkontinenz-frau/frau-stuhl-sakrale-neuromodulation)
- 19 Koulousakis A. Moderne Schmerztherapie: Neurostimulation bei neuropathischen und ischämischen Schmerzen steigert die Lebensqualität. 5 Aufl. Kulmbach

- 20 Schaarschmidt M. Cochlea-Implantate: Wenn Hörgeräte nicht mehr helfen... 2 Aufl. Im Internet: [www.aerzteblatt.de/archiv/136885/Cochlea-Implantate-Wenn-Hoergeraete-nicht-mehr-helfen](http://www.aerzteblatt.de/archiv/136885/Cochlea-Implantate-Wenn-Hoergeraete-nicht-mehr-helfen)
- 21 Universitätsklinikum Freiburg. Tiefe Hirnstimulation. Freiburg. Im Internet: [www.uniklinik-freiburg.de/neurologie/behandlung/bewegungsstoerungen/tiefe-hirnstimulation.html](http://www.uniklinik-freiburg.de/neurologie/behandlung/bewegungsstoerungen/tiefe-hirnstimulation.html)
- 22 Folkerts H, Remschmidt H, Saß H, Sauer H, Schäfer M, Sewing K-F. Bekanntmachungen: Stellungnahme zur Elektrokrampftherapie (EKT) als psychiatrische Behandlungsmaßnahme. 100 Aufl. Im Internet: [www.aerzteblatt.de/archiv/35741/Bekanntmachungen-Stellungnahme-zur-Elektrokrampftherapie-\(EKT\)-als-psychiatrische-Behandlungsmassnahme](http://www.aerzteblatt.de/archiv/35741/Bekanntmachungen-Stellungnahme-zur-Elektrokrampftherapie-(EKT)-als-psychiatrische-Behandlungsmassnahme)
- 23 Mörk, Dr. med. uni. S., Antwerpes F. Elektrotherapie. Köln
- 24 Bircher mA. Das galvanische Bad
- 25 Kumar MG, Lin S. Transdermal iontophoresis: Impact on skin integrity as evaluated by various methods. Crit Rev Ther Drug Carrier Syst 2008; 25 (4): 381–401
- 26 Gesundheitsberater24. Elektrotherapie richtig verstehen-Anwendungen und Methoden. Bern, Schweiz. Im Internet: [gesundheitsberater24.eu/elektrotherapie-richtig-verstehen-anwendungen-und-methoden/](http://gesundheitsberater24.eu/elektrotherapie-richtig-verstehen-anwendungen-und-methoden/)
- 27 Hüter-Becker A. Physikalische Therapie, Massage, Elektrotherapie und Lymphdrainage. Thieme; 2007
- 28 David. TENS GERÄTE 2018 TEST - VERGLEICHE . COM: Die besten TENS Geräte im Vergleich. Köln. Im Internet: [test-vergleiche.com/tens-geraete-test/](http://test-vergleiche.com/tens-geraete-test/)
- 29 Högemann A. Niederfrequenztherapie. Köln
- 30 Schiltenswolf M, Henningsen P. Muskuloskelettale Schmerzen: Diagnostizieren und Therapieren nach biopsychosozialem Konzept. Dt. Ärzte-Verlag; 2006
- 31 Zimmer MedizinSysteme GmbH. SoleoGalva: Das gesamte Spektrum der modernen Elektrotherapie. Neu-Ulm (2018). Im Internet: [zimmer.de/produkte/physikalische-therapie/reizstrom-ultraschall/soleo-galva/](http://zimmer.de/produkte/physikalische-therapie/reizstrom-ultraschall/soleo-galva/)
- 32 da Silva VZM, Durigan JLQ, Arena R, Noronha M de, Gurney B, Cipriano G. Current evidence demonstrates similar effects of kilohertz-frequency and low-frequency current on quadriceps evoked torque and discomfort in healthy individuals: A systematic review with meta-analysis. Physiother Theory Pract 2015; 31 (8): 533–539
- 33 Bossert F-P. Leitfaden Elektrotherapie: Mit Anwendungen bei über 130 Krankheitsbildern. München: Urban & Fischer; 2006
- 34 Banzer W. Körperliche Aktivität und Gesundheit: Präventive und therapeutische Ansätze der Bewegungs- und Sportmedizin. Springer Berlin Heidelberg; 2016
- 35 Kramme R (Hrsg.). Medizintechnik: Verfahren - Systeme - Informationsverarbeitung. Springer Berlin Heidelberg; 2007
- 36 Vanderthommen M, Duchateau J. Electrical stimulation as a modality to improve performance of the neuromuscular system. Exerc Sport Sci Rev 2007; 35 (4): 180–185
- 37 Filipovic A, Kleinöder H, Dörmann U, Mester J. Electromyostimulation--a systematic review of the influence of training regimens and stimulation parameters on effectiveness in electromyostimulation training of selected strength parameters. J Strength Cond Res; DOI: 10.1519/JSC.0b013e318212e3ce
- 38 Compex. Performance Training With Compex: Compex Wireless USA Muscle Stimulator Kit. 1325 Sycamore Ave. Suite B, Vista, CA 92081. Im Internet: [www.compexusa.com/](http://www.compexusa.com/)
- 39 ems-training.de services GmbH. Lokale EMS vs. Ganzkörper-EMS. Nürnberg. Im Internet: [www.ems-training.de/magazin/article/lokale-ems-vs-ganzkoerper-ems](http://www.ems-training.de/magazin/article/lokale-ems-vs-ganzkoerper-ems)
- 40 GluckerKolleg, miha bodytec GmbH (Hrsg.). EMS Beratungs- und Trainingshandbuch: Weltweites Standardwerk für den EMS Markt; 2016

- 41 Bodystreet. Fitnessstraining mit Elektromyostimulation. Im Internet: [commons.wikimedia.org/wiki/File:Elektrostimulation\\_3.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Elektrostimulation_3.jpg)
- 42 Centofanti KS. Electrical Stimulation for Health, Beauty, Fitness, Sports Training and Rehabilitation. In: Stienen GJM, Vrbová G, Hudlická O, Centofanti KS (Hrsg.). Application of Muscle/Nerve Stimulation in Health and Disease. Dordrecht: Springer Netherlands; 2008: 69–116
- 43 Klimkiewicz R, Kubsik A, Janczewska K, Jankowska A, Woldańska-Okońska M. Assessment of degree of functional efficiency patients with the gonarthrosis after applying physiotherapy. *Pol Merkur Lekarski* 2016; 40 (238): 235–239
- 44 Kemmler W, Weissenfels A, Bebenek M, Fröhlich M, Kleinöder H, Kohl M, Stengel S von. Effects of Whole-Body Electromyostimulation on Low Back Pain in People with Chronic Unspecific Dorsal Pain: A Meta-Analysis of Individual Patient Data from Randomized Controlled WB-EMS Trials. *Evid Based Complement Alternat Med* 2017; 2017: 8480429
- 45 Keskin EA, Onur O, Keskin HL, Gumus II, Kafali H, Turhan N. Transcutaneous electrical nerve stimulation improves low back pain during pregnancy. *Gynecol Obstet Invest*; DOI: 10.1159/000337720
- 46 Facci LM, Nowotny JP, Tormem F, Fernandez Mica Trevisani V, . Effects of trnacutaneous electrical nerve stimulation (TENS) and interferential currents (IFC) in patients with nonspecific chronic low back pain: randomized clinical trial. *Sao Paulo Med J.* 2011; (129 (4)): 206–216
- 47 Sbruzzia G, Ribeiro RA, Schaan BD, Signori LU, Silva AMV, Irigoyen MC, Plentz RDM. Functional electrical stimulation in the treatment of patients with chronic heart failure: A meta-analysis of randomized controlled trials. *European Journal of Cardiovascular Prevention & Rehabilitation*; DOI: 10.1097/HJR.0b013e328339b5a2
- 48 Smart NA, Dieberg G, Giallauria F. Functional electrical stimulation for chronic heart failure: A meta-analysis. *Int J Cardiol* 2013; 167 (1): 80–86
- 49 Pan L, Guo Y, Liu X, Yan J. Lack of efficacy of neuromuscular electrical stimulation of the lower limbs in chronic obstructive pulmonary disease patients: A meta-analysis. *Respirology*; DOI: 10.1111/resp.12200
- 50 Martín-Salvador A, Colodro-Amores G, Torres-Sánchez I, Moreno-Ramírez MP, Cabrera-Martos I, Valenza MC. Physical therapy intervention during hospitalization in patients with acute exacerbation of chronic obstructive pulmonary disease and pneumonia: A randomized clinical trial. *Med Clin (Barc)* 2016; 146 (7): 301–304
- 51 Hortobágyi T, Maffiuletti NA. Neural adaptations to electrical stimulation strength training. *Eur J Appl Physiol*; DOI: 10.1007/s00421-011-2012-2
- 52 Taylor P. Functional Electrical Stimulation: Equipment, Clinical Services and Education; 2011
- 53 Yoichi Shimada MD, Toshiki Matsunaga MD, Akikp Misawa MD, Shigeru Ando MD, Eiji Itoi MD, Natsuo Konishi, MD. Clinical Application of Peroneal Nerve Stimulator System Using Percutaneous Intramuscular Electrodes for Correction of Foot Drop in Hemiplegic Patients. *International Neuromodulation Society* 2006; (Vol. 9, Nr. 4): 320–327
- 54 Mokrusch T. Behandlung der hirnfarktbedingten spastischen Hemiparese mit EMG-getriggelter Elektrostimulation. *Neurol Rehabil* 1997; (2): 82–86
- 55 Sèze M de, Raibaut P, Gallien P, Even-Schneider A, Denys P, Bonniaud V, Gamé X, Amarenco G. Transcutaneous posterior tibial nerve stimulation for treatment of the overactive bladder syndrome in multiple sclerosis: Results of a multicenter prospective study. *Neurourol Urodyn* 2011; 30 (3): 306–311
- 56 Popova NF, Shagaev AS. Use of multichannel programmed electrostimulation for the rehabilitation of patients with multiple sclerosis. *Zh Nevrol Psikhiatr Im S S Korsakova* 2009; 109 (7 Suppl 2): 142–147

- 57 Mayer L, Warring T, Agrella S, Rogers HL, Fox EJ. Effects of functional electrical stimulation on gait function and quality of life for people with multiple sclerosis taking dalfampridine. *Int J MS Care*; DOI: 10.7224/1537-2073.2013-033
- 58 Sadowsky CL, Hammond ER, Strohl AB, Commean PK, Eby SA, Damiano DL, Wingert JR, Bae KT, McDonald JW. Lower extremity functional electrical stimulation cycling promotes physical and functional recovery in chronic spinal cord injury. *J Spinal Cord Med*; DOI: 10.1179/2045772313Y.0000000101
- 59 Schink K, Reljic D, Herrmann HJ, Meyer J, Mackensen A, Neurath MF, Zopf Y. Whole-Body Electromyostimulation Combined With Individualized Nutritional Support Improves Body Composition in Patients With Hematological Malignancies - A Pilot Study. *Front Physiol*; DOI: 10.3389/fphys.2018.01808
- 60 Kemmler W, Teschler M, Weissenfels A, Bebenek M, Stengel Sv, Kohl M, Freiburger E, Goisser S, Jakob F, Sieber C, Engelke K. Whole-body electromyostimulation to fight sarcopenic obesity in community-dwelling older women at risk. Results of the randomized controlled FORMOSA-sarcopenic obesity study. *Osteoporos Int*; DOI: 10.1007/s00198-016-3662-z
- 61 Malatesta D, Cattaneo F, Dugnani S, Maffiuletti NA. Effects of Electromyostimulation Training and Volleyball Practice on Jumping Ability. *J Strength Cond Res*; DOI: 10.1519/1533-4287(2003)017<0573:EOETAV>2.0.CO;2
- 62 Maffiuletti NA, Cometti G, Amiridis IG, Martin A, Pousson M, Chatard JC. The effects of electromyostimulation training and basketball practice on muscle strength and jumping ability. *Int J Sports Med*; DOI: 10.1055/s-2000-3837
- 63 Billot M, Martin A, Paizis C, Cometti C, Babault N. Effects of an electrostimulation training program on strength, jumping, and kicking capacities in soccer players. *J Strength Cond Res*; DOI: 10.1519/JSC.0b013e3181d43790
- 64 Filipovic A, Grau M, Kleinöder H, Zimmer P, Hollmann W, Bloch W. Effects of a Whole-Body Electrostimulation Program on Strength, Sprinting, Jumping, and Kicking Capacity in Elite Soccer Players. *Journal of Sports Science and Medicine* 2016; (15): 639–648
- 65 Babault N, Cometti G, Bernardin M, Pousson M, Chatard J-C. Effects of electromyostimulation training on muscle strength and power of elite rugby players. *J Strength Cond Res*; DOI: 10.1519/R-19365.1
- 66 Pichon F, Chatard J-C, Martin A, Cometti G. Electrical stimulation and swimming performance. *Med Sci Sports Exerc* 1995; (27(12)): 1671–1676
- 67 Maffiuletti NA, Bramanti J, Jubeau M, Bizzini M, Deley G, Cometti G. Feasibility and efficacy of progressive electrostimulation strength training for competitive tennis players. *J Strength Cond Res*; DOI: 10.1519/JSC.0b013e318196b784
- 68 Felder H. Der Einfluss der Elektromyostimulation (EMS) auf ausgewählte Kraftparameter. *Sportverletz Sportschaden*; DOI: 10.1055/s-2007-993463
- 69 Filipovic A, Kleinöder H, Dörmann U, Mester J. Electromyostimulation--a systematic review of the effects of different electromyostimulation methods on selected strength parameters in trained and elite athletes. *J Strength Cond Res*; DOI: 10.1519/JSC.0b013e31823f2cd1
- 70 Erten YT, Sahinkaya T, Dinc E, Kilinc BE, Bayraktar B, Kurtoglu M. The effects of compression garments and electrostimulation on athletes' muscle soreness and recovery. *J Exerc Rehabil*; DOI: 10.12965/jer.1632632.316
- 71 Finberg M, Braham R, Goodman C, Gregory P, Peeling P. Effects of Electrostimulation Therapy on Recovery from Acute Team-Sport Activity. *International Journal of Sports Physiology and Performance*; DOI: 10.1123/ijsp.8.3.293



- 72 Beaven CM, Cook C, Gray D, Downes P, Murphy I, Drawer S, Ingram JR, Kilduff LP, Gill N. Electrostimulation's Enhancement of Recovery during a Rugby Preseason. *International Journal of Sports Physiology and Performance*; DOI: 10.1123/ijsp.8.1.92
- 73 Malone JK, Blake C, Caulfield BM. Neuromuscular Electrical Stimulation During Recovery From Exercise: A Systematic Review. *J Strength Cond Res* 2014; (28(9)): 2478–2506
- 74 Brocherie F, Babault N, Cometti G, Maffiuletti N, Chatard J-C. Electrostimulation Training Effects on the Physical Performance of Ice Hockey Players. *Med Sci Sports Exerc*; DOI: 10.1249/01.MSS.0000155396.51293.9F
- 75 Weisskopf mL. Verletzungen des Bewegungsapparates im Eishockey. *Schweizerische Zeitschrift für "Sportmedizin und Sporttraumatologie"* 2010; (58 (2)): 52–55
- 76 Tyler TF, Nicholas SJ, Campbell RJ, Donellan S, McHugh MP. The effectiveness of a preseason exercise program to prevent adductor muscle strains in professional ice hockey players. *The American Journal of Sports Medicine*; DOI: 10.1177/03635465020300050801
- 77 Colson SS, Martin A, van Hoecke J. Effects of electromyostimulation versus voluntary isometric training on elbow flexor muscle strength. *J Electromyogr Kinesiol* 2009; 19 (5): e311-9
- 78 Simpson S, Willoughby DS. Supplemental EMS and Dynamic Weight Training: Effects on Knee Extensor Strength and Vertical Jump of Female College Track & Field Athletes. *J Strength Cond Res* 1988; (12 (3)): 131–137
- 79 Wellek S, Blettner M. On the proper use of the crossover design in clinical trials: Part 18 of a series on evaluation of scientific publications. *Dtsch Arztebl Int*; DOI: 10.3238/arztebl.2012.0276
- 80 Decker J. miha bodytech. Gersthofen. Im Internet: [www.miha-bodytec.com/publicdownloads/files/download/DSC\\_1517\\_CMYK.jpg](http://www.miha-bodytec.com/publicdownloads/files/download/DSC_1517_CMYK.jpg)
- 81 Demuth M. Ratgeber Elektrische Muskelstimulation: Das Bringt Ihnen EMS-Training. 04 Aufl. Hamburg. Im Internet: [www.menshealth.de/artikel/ems-training-fit-durch-stromstoesse.259304.html](http://www.menshealth.de/artikel/ems-training-fit-durch-stromstoesse.259304.html)
- 82 SwissSensor AG. Ballspeedometer: Professionelles Geschwindigkeits-Mess-System [Betriebsanleitung]. Tübach. Im Internet: [www.swissensor.ch/files/webmaster/dokumente/ballspeedometer/DatenblattU00010.pdf](http://www.swissensor.ch/files/webmaster/dokumente/ballspeedometer/DatenblattU00010.pdf)
- 83 Prinzlin T. Sportradar-Geschwindigkeitsmeßanlage: [sp1503-3]. Hamburg. Im Internet: [www.europasport.de/sportradar-geschwindigkeitsmeanlage-p-3811.html](http://www.europasport.de/sportradar-geschwindigkeitsmeanlage-p-3811.html)
- 84 MK. Fachaufsatz Radar Technologie: SpeedMaster. Tübach
- 85 Janzen J. Sportradar, Torschussmessung, Geschwindigkeitsmesser, Fußballradar, Speed, Geschwindigkeit Fußball: Sportradargerät, Geschwindigkeitsmessung, Speedmessung, Ballgeschwindigkeit diverser Sportarten, Ballgeschwindigkeit,. Berlin. Im Internet: [www.miet24.de/mieten/events-und-messen/soccer-sport/speedballbox/geschwindigkeitsmessgeraet-sportradar-torschussmessung-fussball-handball-eishockey-golf-66977](http://www.miet24.de/mieten/events-und-messen/soccer-sport/speedballbox/geschwindigkeitsmessgeraet-sportradar-torschussmessung-fussball-handball-eishockey-golf-66977)
- 86 Universität Kassel. Sprungkraftdiagnostik: Countermovement-Jump. Kassel. Im Internet: [www.uni-kassel.de/fb05/fachgruppen/sport-und-sportwissenschaft/start/training-und-bewegung/profil/sprungkraftdiagnostik.html](http://www.uni-kassel.de/fb05/fachgruppen/sport-und-sportwissenschaft/start/training-und-bewegung/profil/sprungkraftdiagnostik.html)
- 87 Novotec Medical GmbH. Leonardo Mechanograph GRFP STD [Hersteller: Novotec Medical GmbH]. Pforzheim. Im Internet: [www.galileo-training.com/ch-deutsch/produkte/p6/leonardo-mechanograph-grfp-std.html](http://www.galileo-training.com/ch-deutsch/produkte/p6/leonardo-mechanograph-grfp-std.html)
- 88 Science for Sport. Countermovement Jump. Im Internet: [www.scienceforsport.com/countermovement-jump-cmj/](http://www.scienceforsport.com/countermovement-jump-cmj/)
- 89 Macgregor L. Neuromuscular Markers of High Performance Sport Preparation: Muscle Contractile Mechanics 2016
- 90 ALGE Timing Electronic Devices. ALGE Reflexionslichtschranke RLS1c: Bedienungsanleitung

- 91 ALGE Electronic Timing. Betriebsanleitung Timer S3
- 92 Ferstl R. Herstellerinfo zu IsoMed2000 [E-mail], 2018
- 93 Vatter J, Müller S, Authenrieth S. EMS für Fortgeschrittene. Im Internet: [www.trainer-magazine.com/ems-fuer-fortgeschrittene/](http://www.trainer-magazine.com/ems-fuer-fortgeschrittene/)
- 94 D&R GmbH. IsoMed2000: Gebrauchsanweisung, Broschüre. 93155 Hemau. Im Internet: [www.dur-online.com/prod.im.intro.php?lc=de\\_il](http://www.dur-online.com/prod.im.intro.php?lc=de_il)
- 95 Villaseñor A, Turcotte RA, Pearsall DJ. Recoil Effect of the Ice Hockey Stick during a Slap Shot. *Journal of Applied Biomechanics*; DOI: 10.1123/jab.22.3.202
- 96 Schmidtbleicher D. Entwicklung der Kraft und der Schnelligkeit. *Motorische Entwicklung.: Ein Handbuch. Beiträge zur Lehre und Forschung im Sport,.* 1994 Aufl. (07/2019). Im Internet: [www.trainingsworld.com/training/krafttraining/richtige-periodisierung-schnellkrafttraining-2975574](http://www.trainingsworld.com/training/krafttraining/richtige-periodisierung-schnellkrafttraining-2975574)
- 97 Kemmler W, Kleinöder H, Fröhlich M, Müller S, Vatter J. Safety first! - Leitlinien zur sicheren Anwendung von EMS-Training: Leitlinien zur Anwendung von Ganz-Körper-EMS. Nürnberg. Im Internet: [www.ems-training.de/magazin/article/safety-first-leitlinien-zur-anwendung-von-ems-training](http://www.ems-training.de/magazin/article/safety-first-leitlinien-zur-anwendung-von-ems-training); Stand: 17.07.2019
- 98 Herrero JA, Izquierdo M, Maffiuletti NA, García-López J. Electromyostimulation and plyometric training effects on jumping and sprint time. *Int J Sports Med*; DOI: 10.1055/s-2005-865845
- 99 García-López J, Morante JC, Ogueta-Alday A, Rodríguez-Marroyo JA. The Type Of Mat (Contact vs. Photocell) Affects Vertical Jump Height Estimated From Flight Time. *J Strength Cond Res* 2013; 2013 (Vol. 27 Nr. 4): 1162–1167
- 100 Amaro-Gahete FJ, De-la-O A, Sanchez-Delgado G, Robles-Gonzalez L, Jurado-Fasoli L, Ruiz JR, Gutierrez A. Whole-Body Electromyostimulation Improves Performance-Related Parameters in Runners. *Front Physiol*; DOI: 10.3389/fphys.2018.01576
- 101 Micke F, Kleinöder H, Dörmann U, Wirtz N, Donath L. Effects of an Eight-Week Superimposed Submaximal Dynamic Whole-Body Electromyostimulation Training on Strength and Power Parameters of the Leg Muscles: A Randomized Controlled Intervention Study. *Front Physiol*; DOI: 10.3389/fphys.2018.01719
- 102 Amaro-Gahete FJ, De-la-O A, Sanchez-Delgado G, Robles-Gonzalez L, Jurado-Fasoli L, Ruiz JR, Gutiérrez A. Functional Exercise Training and Undulating Periodization Enhances the Effect of Whole-Body Electromyostimulation Training on Running Performance. *Front Physiol*; DOI: 10.3389/fphys.2018.00720
- 103 Maffiuletti NA, Dugnani S, Folz M, Di Pierno E, Mauro F. Effect of combined electrostimulation and plyometric training on vertical jump height. *Med Sci Sports Exerc*; DOI: 10.1249/01.MSS.0000031481.28915.56
- 104 Oertel M. 5 Fehler in der Schlagschuss-Technik vermeiden. 22926 Ahrensburg. Im Internet: [performance-hockey.de/eishockey-training/schlagschuss-technik-verbessern-5-tipps.html](http://performance-hockey.de/eishockey-training/schlagschuss-technik-verbessern-5-tipps.html)
- 105 Štirn I, Carruthers J, Šibila M, Pori P. Frequent Immediate Knowledge of Results Enhances the Increase of Throwing Velocity in Overarm Handball Performance. *Journal of Human Kinetics*; DOI: 10.1515/hukin-2017-0037
- 106 Marsh DW, Richard LA, Verre AB, Myers J. Relationships among balance, visual search, and lacrosse-shot accuracy. *J Strength Cond Res* 2010; 24 (6): 1507–1514
- 107 Signorile JF, Sandler DJ, Smith WN, Stoutenberg M, Perry AC. Correlation analyses and regression modeling between isokinetic testing and on-court performance in competitive adolescent tennis players. *J Strength Cond Res*; DOI: 10.1519/R-15514.1
- 108 Mathiebe D. Perfekter Schlagschuss - richtige Technik und den richtigen Schläger. 39326 Zielitz. Im Internet: [eishockeytraining.de/perfekter-schlagschuss-richtige-technik-und-den-richtigen-schlaeger/](http://eishockeytraining.de/perfekter-schlagschuss-richtige-technik-und-den-richtigen-schlaeger/); Stand: 10.07.19

- 109 Alexander JF, Haddow JB, Schultz GA. Comparison of the Ice Hockey Wrist and Slap Shots for Speed and Accuracy. *Research Quarterly. American Association for Health, Physical Education and Recreation*; DOI: 10.1080/10671188.1963.10613232
- 110 Morgans R, Orme P, Anderson L, Drust B. Principles and practices of training for soccer. *Journal of Sport and Health Science*; DOI: 10.1016/j.jshs.2014.07.002
- 111 Sommer M. Effect of timing training in golf and soccer players: skill, movement organisation, and brain activity 2014
- 112 Feiring DC, Ellenbecker TS, Derscheid GL. Test-Retest Reliability of the Biodex Isokinetic Dynamometer. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy* 1990; 1990 (11:7): 298–300
- 113 Dirnberger J, Wiesinger H-P, Kösters A, Müller E. Reproducibility for isometric and isokinetic maximum knee flexion and extension measurements using the IsoMed 2000-dynamometer. *IES*; DOI: 10.3233/IES-2012-0451
- 114 Dirnberger J, Kösters A, Müller E. Concentric and eccentric isokinetic knee extension: A reproducibility study using the IsoMed 2000-dynamometer. *IES*; DOI: 10.3233/IES-2012-0437
- 115 Mattes K, Hazzaa Walaa Eldin A, Manzer S. Reproduzierbarkeit lokaler Muskelermüdung der Dorsal- und Plantarflexoren des Sprunggelenks. *Dtsch Z Sportmed*; DOI: 10.5960/dzsm.2014.144
- 116 Amaro-Gahete FJ, De-la-O A, Jurado-Fasoli L, Dote-Montero M, Gutiérrez Á, Ruiz JR, Castillo MJ. Changes in Physical Fitness After 12 Weeks of Structured Concurrent Exercise Training, High Intensity Interval Training, or Whole-Body Electromyostimulation Training in Sedentary Middle-Aged Adults: A Randomized Controlled Trial. *Front Physiol*; DOI: 10.3389/fphys.2019.00451
- 117 Microgate Srl. Optojump: Was ist Optojump. Bolzano, Italien. Im Internet: [www.optojump.com/was-ist-optojump.aspx](http://www.optojump.com/was-ist-optojump.aspx); Stand: 29.07.2019
- 118 Bezerra P, Zhou S, Crowley Z, Brooks L, Hooper A. Effects of unilateral electromyostimulation superimposed on voluntary training on strength and cross-sectional area. *Muscle Nerve*; DOI: 10.1002/mus.21329
- 119 Kierdorf C. Krafttraining, schneller Muskelaufbau: Anatomie, Trainingslehre, Ernährung, Motivation. 2 Aufl. Aachen, Auckland, Beirut: Meyer & Meyer Verlag; 2015
- 120 Thomas C, Jones PA, Rothwell J, Chiang CY, Comfort P. An Investigation Into the Relationship Between Maximum Isometric Strength and Vertical Jump Performance. *J Strength Cond Res*; DOI: 10.1519/JSC.0000000000000866
- 121 Wisloff U, Castagna C, Helgerud J, Jones R, Hoff J. Strong correlation of maximal squat strength with sprint performance and vertical jump height in elite soccer players. *Br J Sports Med*; DOI: 10.1136/bjsm.2002.002071
- 122 Ramirez-Campillo R, Sanchez-Sanchez J, Romero-Moraleda B, Yanci J, García-Hermoso A, Manuel Clemente F. Effects of plyometric jump training in female soccer player's vertical jump height: A systematic review with meta-analysis. *J Sports Sci* 2020; (Apr 7): 1–13
- 123 Foster C, Daines E, Hector L, Snyder AC, Welsh R. Athletic performance in relation to training load. *Wisconsin Medical Journal*; June 1996
- 124 Bangsbo J. Performance in sports--With specific emphasis on the effect of intensified training. *Scand J Med Sci Sports* 2015; 25 Suppl 4: 88–99
- 125 Keeton RB, Binder-Macleod SA. Low-Frequency Fatigue. *Physical Therapy* 2006; (Vol. 86, No. 8): 1146–1150
- 126 Zory R, Boërio D, Jubeau M, Maffiuletti NA. Central and peripheral fatigue of the knee extensor muscles induced by electromyostimulation. *Int J Sports Med*; DOI: 10.1055/s-2005-837459
- 127 Prokop NW, Reid RER, Andersen RE. Seasonal Changes in Whole Body and Regional Body Composition Profiles of Elite Collegiate Ice-Hockey Players. *J Strength Cond Res* 2016; 30 (3): 684–692

- 128** Smith AM, Stuart MJ, Wiese-Bjornstal DM, Gunnon C. Predictors of Injury in Ice Hockey Players: A Multivariate, Multidisciplinary Approach. *The American Journal of Sports Medicine* 1997; (Vol. 25, No. 4): 500–507
- 129** Grant JA, Bedi A, Kurz J, Bancroft R, Gagnier JJ, Miller BS. Ability of preseason body composition and physical fitness to predict the risk of injury in male collegiate hockey players. *Sports Health* 2015; 7 (1): 45–51
- 130** Schuhbeck E, Birkenmaier C, Schulte-Göcking H, Pronnet A, Jansson V, Wegener B. The Influence of WB-EMS-Training on the Performance of Ice Hockey Players of Different Competitive Status. *Front. Physiol.* 2019; 10: 431



LUDWIG-  
MAXIMILIANS-  
UNIVERSITÄT  
MÜNCHEN

Promotionsbüro  
Medizinische Fakultät



## Eidesstattliche Versicherung

Schuhbeck, Elisabeth

Name, Vorname

Ich erkläre hiermit an Eides statt,

dass ich die vorliegende Dissertation mit dem Titel

Der Einfluss von Ganzkörper-EMS-Training auf die Leistungsfähigkeit von Eishockeyspielern verschiedener Leistungsklassen

selbständig verfasst, mich außer der angegebenen keiner weiteren Hilfsmittel bedient und alle Erkenntnisse, die aus dem Schrifttum ganz oder annähernd übernommen sind, als solche kenntlich gemacht und nach ihrer Herkunft unter Bezeichnung der Fundstelle einzeln nachgewiesen habe.

Ich erkläre des Weiteren, dass die hier vorgelegte Dissertation nicht in gleicher oder in ähnlicher Form bei einer anderen Stelle zur Erlangung eines akademischen Grades eingereicht wurde.

Traunstein, 21.10.2021

Ort, Datum

Schuhbeck

Unterschrift Doktorandin bzw. Doktorand